



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL - PASURUAN PADA STA 24+200 MENGGUNAKAN PROGRAM *GEOS*

IBTIDA HAKAH SYAURAH
NRP. 1011151000097

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR
BANGUNAN BAWAH PADA PROYEK JALAN TOL
GEMPOL - PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO 5**

**IBTIDA HAKAH SYAURAH
NRP. 1011151000097**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT PROPOSAL - VC 181819

**EVALUATION OF LOWER BUILDING STRUCTURE
IN GEMPOL-PASURUAN TOLL PROJECT ON STA
24 + 200 USING GEO5 PROGRAMS**

**IBTIDA HAKAH SYAURAH
NRP. 1011151000097**

Supervisor
**Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002**

**APPLIED UNDERGRADUATE PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

“EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL – PASURUAN PADA STA 24+200 MENGGUNAKAN PROGRAM GEO 5”

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh:
Mahasiswa:



Ibtida Harakah Syaurah
NRP. 1011151000097



Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Pembimbing

29 JUL 2019

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/20199

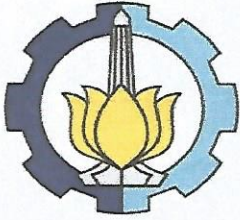
Tanggal : 16 Juli 2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Pada Proyek Jalan Tol Gempol - Pasuruan Pada STA. 24+200 Menggunakan Program GEO5		
Nama Mahasiswa	Ibtida Harakan Syaurah	NRP	10111510000097
Dosen Pembimbing 1	Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. NIP 19501011 198203 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> o) Hity manual file - able checking. o) Catatan perkeril tanpa tiling - sp pile group. o) pile group → arbei / rcau defleksi. o) Beton merata 15 kPa. o) cek manual - perhitungan. o) perhitungan di cek → able yg (mewajib) o) cek → perhitungan pile group 14.000 → 15.000 - Cac data dany hay, hingga - cac porsi perhitungan 	 Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 002
	 Dr. M. Muntaha, ST. MT. NIP 19740211 199802 1 001
	- NIP -
	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 002	Dr. M. Muntaha, ST. MT. NIP 19740211 199802 1 001	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.	Dosen Pembimbing 2 -
--	---	-------------------------



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ibtida Harakah S 2
NRP : 1 10111510000097 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Pada proyek jalan tol Bempol - Pasuruan Pada STA 24+20 menggunakan program Geos
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	22-02-2019	Mencari parameter tanah				
2.	27-02-2019	- Ambil NSPT terendah dari kedua sisi - Buat pemodelan di Geos		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
3	8-03-2019	- Dimensi Abutment samakan tinggi total - Winywall dititung manual cek tulangan direncanakan - Timbunan di asumsikan tanah pasir padat		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
4	15-03-2019	Dipermodelan geos dianggap tanpa winywall Load diasumsikan dua, dihitung jika timbunan tidak ada data tanah maka diasumsikan jika ada 2 pile maka langsung memodelkan di geos abutmen		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ibtida Harakah S 2
 NRP : 1 1011510000097 2
 Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perencanaan Struktur bangunan bawah pada proyek jalan tol
 Gempol - Pajuruan pada STA 24+200 Menggunakan Program Geos
 Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	21-03-2019	- Uc service state dimasukkan beban mati & hidup				
		- Uc pd V = masukkan tinggi bearing pada ai = cari di literatur		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Force due to transition dan perlu dimasukkan	<i>lw</i>			
		- Momen di masukkan saja untuk melihat gaya-gaya yang terjadi di jembatan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- pile jarak di asumsikan				
				B	C	K
6	29-03-2019	- pada permodelan geos untuk memasukkan beban pada applied force menggunakan pilihan Line law masukkan beban di Fz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- permodelan dimodelkan dengan dua kondisi permanent dan seismic	<i>lw</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pembelian dihitung kombinasinya		B	C	K
		- Pile group load pakai service		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ibtida Harakah S 2
NRP : 1 10111510000097 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Pada Proyek Jalan Tol
 Gempol - Pasuruan pada STA 24+200 Menggunakan Program Geos
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	5-04-2019	- Nilai Ead boleh korelasi menggunakan tabel				
		- stabilitas di cek		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	26-04-2019	- Masukkan gempa sesuai SNI baru				
		- Abutment boleh dimodelkan jadi 2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Permodelan piler di coba-coba untuk menyesuaikan dimensi existing		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	3-05-2019	- Tidak perlu memasukkan beban lain ke pile group : otomatis terhitung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Slope stability masukkan data di anti slide pile agar bisa di run		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- nilai k → nilai gradient masukkan nilai 1 (yg terbesar) agar aman		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- pile group langsung gabung di program abutment jangan dipisah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

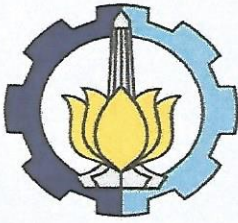
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ibtida Harakah S 2
NRP : 1 101151000097 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi perencanaan struktur Bangunan Bawah pada Proyek Jalan Tol Bempol - Pasuruan pada STA 24+200 Menggunakan Program Geos
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Melarto, DEA

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		karena otomatis beban masuk kepile group				
		- Di laporan tidak perlu menghitung manual. Rekap hasil dari permodelan Geos		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	17-05-2019	- Coba modelkan pier di cantilever wall		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Modelkan single pile di Geos untuk mengetahui daya dukung tiang. Lalu masuk ke pile group untuk menentukan jumlah pile dari daya dukung tiang		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	21-05-2019	- Modelkan pier menggunakan program gravity wall		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk perhitungan tulangan ambil momen yg paling besar (antara permanent dan seismic)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk pier head hitung momen beban yang masuk x titik pusat				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ibida Harawan 5 2
NRP : 1 101151000007 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Bawah pada Proyek Jalan Tol Bempol - Pasuruan pada STA 24+20 Menggunakan Program Geo 5
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, OEA.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Gambar CAD				
		- Perhitungan tulangan abutment				
		Pakai buku bowles		B	C	K
		- Permodelan pier tambahkan tanah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Passive di depan pier agar sesuai				
		eksisting				
				B	C	K
12.	24-05-2019	- jika menggunakan pile group		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		guling dan geser aman karena				
		ditahan oleh pile				
		- untuk permodelan pier di gravity	<i>lu</i>	B	C	K
		wali jika ditambahkan tanah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Passive di depan pier stability				
		tidak dihitung karena struktur				
		sudah seimbang.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	31-05-19	- Memodelkan spun pile di program				
		pile geo5 menggunakan driven pile	<i>lu</i>			
		- spun pile ke bored pile ganti diameter		B	C	K
		agar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**“EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR
ABUTMENT PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL –
PASURUAN PADA STA 24+200 MENGGUNAKAN
PROGRAM
GEO 5”**

Mahasiswa : Ibtida Harakah Syaurah
NRP : 1011151000097
Jurusan : Program Studi Sarjana Terapan
Teknik Infrastruktur Sipil, FV -
ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP : 19501011 198203 1 002

ABSTRAK

Proyek jalan tol Gempol-Pasuruan merupakan proyek Trans Jawa yang menghubungkan antar kota utama di Jawa Timur. Untuk proyek jalan tol Gempol- Pasuruan seksi 3A sepanjang 4,5 km. Di dalam proyek jalan tol terdapat struktur jembatan. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan. Terutama bagian struktur bawah yaitu abutment jembatan. Perencanaan dan pembangunan abutment perlu diperhatikan. Karena abutment digunakan untuk menahan tanah dan meneruskan gaya ke pondasi. Abutment harus mampu memberikan kestabilan terhadap pengaruh gaya-gaya yang terjadi pada abutment.

Tahapan metode ini diawali dengan mengumpulkan data tanah serta parameter tanah. Tahapan kedua adalah memodelkan abutment dan pier menggunakan program Geo5. Tahapan selanjutnya adalah menghitung daya dukung tiang tunggal serta tiang kelompok menggunakan program Geo 5 dan

juga melihat stabilitas global pada abutment dan pier dengan dua kondisi yaitu kondisi permanen dan kondisi gempa.

Hasil analisa permodelan abutment menghasilkan nilai stabilitas guling pada kondisi permanen dengan *safety factor* 1.5, dan pada kondisi gempa dengan *safety factor* 1.47. Untuk nilai stabilitas geser pada kondisi permanen dengan *safety factor* 0.76, dan pada kondisi gempa dengan *safety factor* 0.74. Untuk stabilitas global permanen menghasilkan *safety factor* 13.15, dan kondisi gempa menghasilkan *safety factor* 9.51.

Kata kunci: Struktur bawah, Abutment, Pier, program Geo5, Pondasi Spun Pile

**“EVALUATION OF LOWER BUILDING STRUCTURE
IN GEMPOL-PASURUAN TOLL PROJECT ON STA 24 +
200 USING GEO5 PROGRAMS”**

Mahasiswa : Ibtida Harakah Syaurah
NRP : 1011151000097
Jurusan : Program Studi Sarjana Terapan
Teknik Infrastruktur Sipil, FV -
ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.
NIP : 19501011 198203 1 002

ABSTRACT

The Gempol-Pasuruan toll road project is a Trans Java project that connects the main cities in East Java. For the Gempol-Pasuruan toll road section 3A for 4.5 km. In the toll road project there is a bridge structure. Bridge construction planning must be considered. The lower bridge is a buffer bridge. Abutment planning and development need to be considered. Because the abutment is used to hold the soil and replace the force to the foundation. Abutments must be able to provide stability to the forces that occur in the abutment.

The stages of this method begin by collecting soil data and soil parameters. The second stage is modeling the abutment and pier using the Geo5 program. The next step is calculating the carrying capacity of single and pole poles using the Geo 5 program and also seeing the global abutments and docks with two conditions as permanent conditions and earthquake conditions.

The results of the abutment modeling analysis resulted in the risk of rolling in a permanent condition with a safety factor of 1.5, and in earthquake conditions with a safety factor of 1.47. For critical shear values in permanent conditions with a safety factor of 0.76, and in earthquake conditions with a safety factor of 0.74. For permanent global safety produces a safety factor of 13.15, and earthquake conditions produce a safety factor of 9.51.

Keywords: Bottom structure, Abutment, Pier, Geo5 program, Spun Pile Foundation

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salat yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terimakasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik doa dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Infrastuktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Teknik Infrastuktur Sipil ITS. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis akhirnya menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh

karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semu pihak.

Akhir kata, penulis sebagai penyusun mohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan dan pengolahan data pada Tugas Akhir ini. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTARCT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Lokasi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Penentuan Parameter Tanah.....	5
2.3 Korelasi Parameter Tanah.....	5
2.3.1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah	5
2.3.2 Korelasi N-SPT terhadap nilai C_u	6
2.3.3 Korelasi N-SPT terhadap nilai γ_{sat}	7
2.3.4 Korelasi N-SPT terhadap nilai Sudut Geser Dalam	8
2.3.5 Korelasi N-SPT terhadap nilai rasio.....	8

2.3.6	Korelasi N-SPT Terhadap Nilai Modulus Elastisitas Tanah	9
2.3.7	Korelasi Sudut Geser Berbagai Material	10
2.3.8	Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Modulus Oedometric	11
2.3.9	Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Adhesi....	11
2.3.10	Korelasi Jenis Pile Terhadap <i>Friction Angle on Pile δ</i>	12
2.4	Daya Dukung Tiang	12
2.4.1	Lead Rubber Bearing (LRB).....	13
2.4.2	Kapasitas Dukung Selimut Tiang (Qs)	13
2.5	Perhitungan Stabilitas Abutment.....	16
2.6	Tekanan Tanah Lateral.....	17
2.6.1	Tekanan Tanah Lateral Saat Diam.....	17
2.6.2	Tekanan Tanah Aktif Menurut Rankine	19
2.6.3	Tekanan Tanah Menurut Pasif Rankine.....	20
2.7	Faktor yang Perlu Diperhatikan Dalam Perancangan ..	22
2.7.1	Kestabilan Terhadap Guling	22
2.7.2	Daya Dukung Tanah	24
2.7.3	Stabilitas Terhadap Sliding.....	27
2.8	Displacement.....	28
2.9	Pembebanan Untuk Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016.....	29
2.9.1	Beban Mati.....	30
2.9.2	Beban Hidup	30
2.9.3	Beban Rem.....	30
2.9.4	Beban Angin Pada Struktur	30
2.9.5	Beban Teknis Perancangan Kegempaan (SNI 8460-2017).....	33
2.9.5.1	Persyaratan Ketahanan Gempa.....	33

2.9.5.2	Peta Gempa	33
2.9.6	Gempa Rencana Untuk Jembatan.....	34
2.10	Persyaratan Dinding Penahan Tanah	35
2.11	Persyaratan Perancangan Dinding MSE	35
2.12	Persyaratan jarak antar tiang	36
2.13	Perhitungan Penulangan	37
BAB III METODOLOGI.....		39
3.1	Pengumpulan Data	39
3.2	Studi Literatur	40
3.3	Analisa Data Tanah.....	40
3.4	Analisa Pembebanan Jembatan.....	41
3.5	Permodelan SAP 2000 untuk pier.....	41
3.6	Permodelan Abutment dan Pier Jembatan Menggunakan Program Geo5	41
3.6.1	Langkah-langkah pemodelan abutment dan pier menggunakan <i>software Geo 5</i>	41
3.7	Analisa hasil dari permodelan Geo5	42
3.8	Cek stabilitas (stabilitas guling, geser,dan sliding).....	42
3.9	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	42
BAB IV ANALISA DATA		45
4.1	Data Tanah.....	45
4.2	Parameter Tanah	45
4.2.1	Analisa Parameter Tanah.....	45
4.2.2	Analisa Parameter Timbunan Tanah Pasir	50
4.3	Data Struktur Jembatan	50
4.3.1	Data Jembatan	50
4.3.1	Data Material Jembatan	50
4.4	Perhitungan Dimensi Wingwall	51
4.5	Data Pembebanan.....	51
4.5.1	Pembebanan pada Abutment	51

4.5.2	Pembebanan pada Pier	55
4.5.3	Beban Gempa.....	57
4.5.4	Kombinasi Pembebanan Abutment	59
4.5.5	Kombinasi Pembebanan Pier	63
4.5.6	Hasil permodelan dari SAP 2000.....	64
4.6	Data yang Diinput Dalam Permodelan Geo5	65
4.6.1	Abutment	65
4.6.2	Tiang Tunggal Abutment.....	70
4.6.3	Pile Group Abutment	74
4.6.4	Stability Abutment.....	77
4.6.5	Pier.....	78
4.6.6	Single Pile Pier	84
4.6.7	Pile Group Pier	89
4.6.8	Stability Pier	93
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		95
5.1	Hasil Dari Permodelan Abutment Menggunakan Geo5	95
5.1.1	Hasil Permodelan Struktur Abutment 2.....	95
5.1.2	Hasil Permodelan Tiang Tunggal Pada Abutment2	101
5.1.3	Hasil Permodelan <i>Pile Group</i> Pada Abutment2	105
5.1.4	Hasil Stability Abutment	110
5.2	Hasil dari permodelan Pier menggunakan Geo5	112
5.2.1	Hasil Permodelan Struktur Pier 2 Pada pada Geo5	112
5.2.2	Hasil Permodelan Tiang Tunggal Pada Pier 2	117
5.2.3	Hasil Permodelan <i>Pile Group</i> Pada Pier 2.....	121

5.2.4 Hasil Stability Pier.....	126
5.3 Hasil Dari Perhitungan Tulangan.....	126
5.4 Hasil Perhitungan Pondasi	129
5.4.1 Hasil Perhitungan Tiang Tunggal Abutment..	129
5.4.2 Hasil Perhitungan Tiang Tunggal Pier	136
BAB VI PENUTUP	143
6.1 Kesimpulan	143
6.2 Saran	143
DAFTAR PUSTAKA	145
BIODATA PENULIS	147
LAMPIRAN	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Abutment .Bajangan	3
Gambar 2. 1 Kapasitas dukung selimut tiang.....	14
Gambar 2. 2 Koefisien λ Vijayvergiya dan Focht.....	16
Gambar 2. 3 Tekanan Tanah Lateral	17
Gambar 2. 4 koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (Ko)	18
Gambar 2. 5 Tekanan Tanah Lateral Saat Diam	19
Gambar 2. 6 Kondisi Aktif menurut Rankine	19
Gambar 2. 7 Kondisi Pasif menurut Rankine.....	21
Gambar 2. 8 Kedudukan Kerja dari Gaya Resultan	23
Gambar 2. 9 Kapasitas Daya Dukung Tanah Pondasi.....	24
Gambar 2. 10 Kedalaman Pondasi	25
Gambar 2. 11 Koefisien daya dukung	26
Gambar 2. 12 Perhitungan kemantapan dengan cara irisan ...	27
Gambar 2. 13 Sistem Koordinat untuk Menghitung dengan cara perpindahan	28
Gambar 2. 14 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	34
Gambar 2. 15 Ilustrasi persyaratan terbenamnya penutup muka Sumber: GEO Hongkong, 2002	36
Gambar 3. 1 Lokasi Tes Sondir.....	39
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	43
Gambar 4. 1 Spesifikasi Tiang Pancang.....	51
Gambar 4. 2 Peta Gempa tahun 2017.....	59
Gambar 4. 3 Geometri 1 Abutment	65
Gambar 4. 4 Geometri 2 Abutment.....	66
Gambar 4. 5 Input data FF Resistance	69
Gambar 4. 6 Single Pile untuk Abutment.....	70
Gambar 4. 7 Permodelan Pile Group Abutment2.....	74

Gambar 4. 8 Geometri Pile Group.....	75
Gambar 4. 9 Beban yang masuk ke pile group.....	77
Gambar 4. 10 Geometri Pier 2.....	78
Gambar 4. 11 Input data FF Resistance.....	83
Gambar 4. 12 Single Pile untuk Pier	84
Gambar 4. 13 Permodelan Pile Group Pier 2	89
Gambar 4. 14 Geometri Pile Group.....	90
Gambar 5. 1 Input beban Pier	83
Gambar 5. 2 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Permanen	95
Gambar 5. 3 Hasil Overtuning dan Slip kondisi permanen dari Geo5	96
Gambar 5. 4 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Seismic.....	97
Gambar 5. 5 Hasil Overtuning dan Slip kondisi seismic dari Geo5	98
Gambar 5. 6 Hasil Bearing Capacity	99
Gambar 5. 7 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Permanen	99
Gambar 5. 8 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Seismic.....	100
Gambar 5. 9 Hasil Permodelan Tiang Tunggal	101
Gambar 5. 10 Settlement Tiang Tunggal Abutment Permanent	102
Gambar 5. 11 Hasil Permodelan Permanent.....	103
Gambar 5. 12 Settlement Tiang Tunggal Abutment Seismic	104
Gambar 5. 13 Hasil Permodelan Permanent.....	105
Gambar 5. 14 Hasil Permodelan Pile Group	106
Gambar 5. 15 Hasil Settlement Pier Permanent	107
Gambar 5. 16 Hasil Settlement Pier Seismic.....	108
Gambar 5. 17 Hasil Stability Abutment Permanent	110
Gambar 5. 18 Hasil Stability Abutment Seismic.....	111
Gambar 5. 19 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Permanen	112

Gambar 5. 20 Hasil Slip kondisi permanen dari Geo5.....	113
Gambar 5. 21 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Permanen	113
Gambar 5. 22 Hasil Overtuning dan Slip kondisi seismic dari Geo5	114
Gambar 5. 23 Hasil Bearing Capacity.....	114
Gambar 5. 24 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Permanen	115
Gambar 5. 25 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Seismic	116
Gambar 5. 26 Hasil Permodelan Tiang Tunggal.....	117
Gambar 5. 27 Settlement Tiang Tunggal Pier Permanent...	118
Gambar 5. 28 Hasil Permodelan Permanent	119
Gambar 5. 29 Settlement Tiang Tunggal Pier Seismic	120
Gambar 5. 30 Hasil Permodelan Seismic	121
Gambar 5. 31 Hasil Permodelan Pile Group	122
Gambar 5. 32 Hasil Settlement Pile Group Permanen	123
Gambar 5. 33 Hasil Settlement Pile Group Seismic	124
Gambar 5. 34 Mekanisme daya dukung tiang.....	129
Gambar 5. 35 . Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	131
Gambar 5. 36 Contoh penentuan panjang ekivalen dari penetrasi	132
Gambar 5. 37 Menentukan panjang ekivalen dari penetrasi (L)	133
Gambar 5. 38 Menentukan nilai q_d/N	134
Gambar 5. 39 Mekanisme daya dukung tiang.....	136
Gambar 5. 40 . Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	138
Gambar 5. 41 Contoh penentuan panjang ekivalen dari penetrasi	139
Gambar 5. 42 Menentukan panjang ekivalen dari penetrasi (L)	140
Gambar 5. 43 Menentukan nilai q_d/N	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah untuk tanah tidak kohesif dan tanah tidak kohesif	6
Tabel 2. 2 Korelasi N-SPT terhadap nilai C_u	6
Tabel 2. 3 Korelasi N-SPT terhadap nilai harga ϕ dan γ_{sat} untuk tanah kohesif	7
Tabel 2. 4 Korelasi N-SPT terhadap nilai harga γ_{sat} menurut jenis tanah.....	8
Tabel 2. 5 Korelasi jenis tanah terhadap sudut geser dalam....	8
Tabel 2. 6 Korelasi N-SPT terhadap nilai rasio.....	8
Tabel 2. 7 Perkiraan Nilai Modulus Elatisitas Tanah.....	9
Tabel 2. 8 Korelasi Sudut Geser Berbagai Material.....	10
Tabel 2. 9 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Oed.....	11
Tabel 2. 10 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Adhesi	11
Tabel 2. 11 Korelasi Friction Angle on Pile δ	12
Tabel 2. 12 Koefisien daya dukung dari Tarzaghi	26
Tabel 2. 13 Tekanan angin dasar.....	31
Tabel 2. 14 Tekanan Angin Dasar (P_B) untuk berbagai sudut serang	32
Tabel 2. 15 Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu	32
Tabel 4. 1 Parameter Tanah Titik A_2	47
Tabel 4. 2 Parameter Tanah Titik P_2	48
Tabel 4. 3 Kelas Situs.....	58
Tabel 4. 4 Hasil Kombinasi Kuat I.....	60
Tabel 4. 5 Kombinasi Kuat 2	60
Tabel 4. 6 Kombinasi Kuat 3	60
Tabel 4. 7 Kombinasi Kuat 4	61
Tabel 4. 8 Kombinasi Kuat 5	61
Tabel 4. 9 Kombinasi Ekstrim 1.....	62
Tabel 4. 10 Kombinasi Layan 1	62
Tabel 4. 11 Kombinasi Layan 2	62

Tabel 4. 12 Kombinasi Layan 3.....	63
Tabel 4. 13 Kombinasi Layan 4.....	63
Tabel 4. 14 Input Data Tanah	67
Tabel 4. 15 Beban yang masuk ke tiang tunggal	73
Tabel 4. 16 Input Data Tanah	79
Tabel 4. 17 Beban yang masuk ke tiang tunggal.....	88
Tabel 5. 1 Hasil Defleksi	109
Tabel 5. 2 Hasil Defleksi Pile Group.....	125
Tabel 5. 3 Rekap Momen Tulangan	126
Tabel 5. 4 Intensitas gaya geser dinding tiang.....	132
Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan	135
Tabel 5. 6 Intensitas gaya geser dinding tiang.....	139
Tabel 5. 7 Gaya geser pada keliling permukaan tiang, digolongkan menurut lapisan tanah.....	142

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek jalan tol Gempol-Pasuruan merupakan proyek trans jawa yang menghubungkan antar kota utama di Jawa Timur. Serta ruas jalan tol Gempol-Pasuruan memiliki nilai strategis bagi kelancaran transportasi barang dan jasa serta dapat memacu pertumbuhan perekonomian di Pulau Jawa. Untuk proyek jalan tol Gempol- Pasuruan seksi 3A sepanjang 4,5 km. Pada proyek jalan tol terdapat pekerjaan struktur antara lain pekerjaan struktur jembatan, pekerjaan saluran drainase, pekerjaan perkerasan rigid, dan pekerjaan timbunan.

Di dalam proyek jalan tol terdapat struktur jembatan. Struktur jembatan adalah struktur yang melintasi sungai, teluk, atau kondisi-kondisi lain berupa rintangan yang berada lebih rendah. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin , sehingga pembangunan jembatan tersebut dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jembatan tersebut (Struyk, 1984)

Terutama bagian struktur bawah yang terdiri dari abutment dan pier jembatan. Perencanaan dan pembangunan abutment perlu diperhatikan. Karena abutment digunakan untuk menahan tanah dan meneruskan gaya ke pondasi. Abutment harus mampu memberikan kestabilan terhadap pengaruh gaya-gaya yang terjadi pada abutment. Kestabilan konstruksi harus ditinjau terhadap gaya-gaya eksternal yang dapat menyebabkan keruntuhan guling, keruntuha geser, dan keruntuhan daya dukung tanah, maupun terhadap gaya-gaya yang dapat menyebabkan pecahnya konstruksi.

Berkaitan dengan hal tersebut, dalam Tugas Akhir Terapan dengan Judul “Evaluasi Perencanaan Struktur Bawah Pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan STA 24+200 Menggunakan Program *Geo5* ”. Tugas Akhir Terapan ini membahas mengenai bagaimana evaluasi perencanaan perhitungan struktur bawah untuk jembatan pada proyek jalan tol Gempol – Pasuruan STA 24+200 menggunakan program *Geo5*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dari evaluasi perencanaan abutment pada proyek jalan tol Gempol – Pasuruan terdapat rumusan masalah. Adapun rumusan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Bagaimana analisa guling, geser, stabilitas, dan penurunan pada struktur bawah jembatan bajangan pada proyek jalan tol Gempol-Pasuruan STA 24+200?
2. Bagaimana kesesuaian perencanaan struktur bawah jembatan dengan peraturan ?
3. Bagaimana evaluasi struktur bawah eksisting dengan menggunakan *Geo5* ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui analisa guling, geser, stabilitas, dan penurunan pada struktur bawah jembatan bajangan pada proyek jalan tol Gempol-Pasuruan STA 24+200
2. Mengetahui kesesuaian perencanaan struktur abutment dengan peraturan
3. Mengetahui evaluasi struktur bawah eksisting pada *Geo5*

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

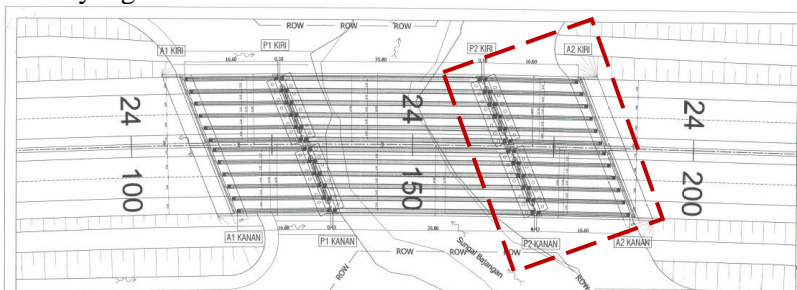
1. Lokasi abutment dan pilar yang ditinjau adalah abutment dan pilar jembatan Bajangan pada STA 24+200 Bagian abutment 2 dan pier 2
2. Program ini hanya khusus untuk menghitung kestabilan, penurunan abutment dan pier serta penulangan struktur abutment jembatan.
3. Analisis stabilitas dinding penahan tanah dilakukan dengan menggunakan program Geo5.
4. Tidak menghitung rencana anggaran biaya
5. Tidak menghitung struktur atas jembatan
6. Tidak membahas metode pelaksanaan

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini ini adalah untuk mengetahui desain yang baik untuk pembangunan abutment guna menjaga kestabilan tanah.

1.6 Lokasi

Lokasi evaluasi abutment dilakukan di Under Pass Bajangan yang terletak di sta 24+200.



Gambar 1. 1 Lokasi Abutment .Bajangan

Sumber: Shop Drawing PT. WIKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bangunan bawah jembatan pada umumnya berdiri dibawah bangunan atas. Fungsi dari bangunan bawah adalah menerima atau memikul beban-beban yang berada diatas jembatan yang disalurkan oleh pondasi kedalam tanah. Bangunan bawah terdiri dari abutment dan pilar jembatan.

Abutment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung-ujung jembatan. Selain pendukung bagi bangunan atas abutment berfungsi sebagai penahan tanah.

2.2 Penentuan Parameter Tanah

Pada STA 24+200 jenis tanahnya merupakan jenis tanah lempung berlanau. Hal tersebut berdasarkan hasil uji Boring.

2.3 Korelasi Parameter Tanah

Data yang diperoleh dari proyek jalan tol Gempol-Pasuruan adalah data tes Bor Log, maka dari itu korelasi yang dicari adalah korelasi nilai SPT terhadap parameter tanah yang digunakan.

2.3.1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah

Nilai N-SPT dapat digunakan untuk menghitung *friction angle* (ϕ), *relative density* (D_r), kapasitas dukung dan penurunan, kecepatan gelombang geser (v_s) tanah, maupun potensi likuifaksi. Disisi lain uji SPT yang sebenarnya dikembangkan untuk tanah berbutir kasar diaplikasikan pada tanah berbutir halus, untuk memperkirakan *undrained compressive strength* (q_u), *undrained shear strength* (S_u), dan koefisien kompresibilitas volume (m_v)

Tabel 2. 1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah untuk tanah tidak kohesif dan tanah tidak kohesif

Uraian	Tanah Tidak Kohesif				
	N	0-10	11-30	31-50	>50
Berat isi, kN/m ³	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser, ϕ	25-35	28-36	30-40	>35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat	
	Tanah Kohesif				
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, kN/m ³	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
qu, kPa	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Kenyal (<i>Stiff</i>)	Keras

Sumber : Bowles, 1991

2.3.2 Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu

Tabel 2. 2 Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu

Konsistensi tanah	Taksiran kekuatan geser undraines, C _u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q _c (dari sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0-12.5	0-1.25	0-2.5	0-10	0-1000
Lunak (soft)	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5	10-20	1000-2000

Menengah (medium)	25-50	2.5-5.0	5-10	20-40	2000-4000
Kaku (stiff)	50-100	5.0-10	10-20	40-75	4000-7500
Sangat kaku (very stiff)	100-200	10-20	20-40	75-150	7500-15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

Sumber : Braja, M.Das, 1995

2.3.3 Korelasi N-SPT terhadap nilai γ_{sat}

Tabel 2. 3 Korelasi N-SPT terhadap nilai harga ϕ dan γ_{sat} untuk tanah kohesif

Kondisi kepadatan	Kepadatan relatif, R_d (%)	Perkiraan Harga N_{SPT}	Perkiraan harga, ϕ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
Very loose (sangat renggang)	0 s/d 15	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
Loose (renggang)	15 s/d 35	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
Medium (menengah)	35 s/d 65	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
Dense (rapat)	65 s/d 85	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
Very dense (sangat rapat)	85 s/d 100	>50	41*	

Sumber : Braja, M.Das, 1995

Tabel 2. 4 Korelasi N-SPT terhadap nilai harga γ sat menurut jenis tanah

Jenis Tanah	γ sat (kN/m ³)
Kerikil	20-22
Pasir	18-20
Lantau	18-20
Lempung	16-22

Sumber : *Soil Mechanics and Foundation*, (John Wiley & Sons,2000)

2.3.4 Korelasi N-SPT terhadap nilai Sudut Geser Dalam

Tabel 2. 5 Korelasi jenis tanah terhadap sudut geser dalam

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam °
Kerikil Kepasiran	35 - 40
Kerikil Kerakal	35 - 40
Pasir Padat	35 - 40
Pasir Lepas	30
Lempung Kelanauan	25-30
Lempung	20-25

Sumber : *Braja, M.Das, 1995*

2.3.5 Korelasi N-SPT terhadap nilai rasio

Tabel 2. 6 Korelasi N-SPT terhadap nilai rasio

Material	Poisson's ratio ν
Lempung jenuh	0.4 – 0.5
Lempung tak jenuh	0.1 – 0.3
Lempung berpasir	0.2 – 0.3
Lantau	0.3 – 0.35
Pasir padat	0.1 – 1.00
Pasir berkerikil	0.3 – 0.4

Batuan (Rock)	0.1 - 0.4 (agak bergantung jenis batuan)
Tanah lus	0.1 - 0.3
Es	0.36
Beton	0.15 - 0.25

Sumber : Braja, M.Das, 1995

2.3.6 Korelasi N-SPT Terhadap Nilai Modulus Elastisitas Tanah

Modulus elastisitas dapat diperoleh dengan menggunakan korelasi dari data N-SPT, (Schmertmann, 1970)

Nilai Elastisitas tanah lempung tergantung pada pembebanannya.

1. Tanah Lempung Normal Consolidated

$$E_s = 250 C_u - 500 C_u$$

2. Tanah Lempung Over Consolidated

$$E_s = 750 C_u - 1000 C_u$$

Dimana :

E_s : Modulus Elastisitas Tanah

C_u : Undrained cohesion of clay

Nilai elastisitas tanah merupakan perbandingan antara tegangan yang menjadi regangan. Nilai modulus elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah serta data sondir.

Tabel 2. 7 Perkiraan Nilai Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	Es (Kg/cm ²)
Lempung	
Sangat lunak	3 - 30
Lunak	20 - 40
Sedang	45 - 90
Keras	70 - 200
Berpasir	300 - 425

Pasir	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

Sumber : Bowles, 1997

2.3.7 Korelasi Sudut Geser Berbagai Material

Tabel 2. 8 Korelasi Sudut Geser Berbagai Material

Material	Sudut Geser δ (°)
Beton pada material fondasi sebagai berikut :	
Batuan	35
Kerikil, campuran kerikil - pasir, pasir kasar	29-31
Pasir halus hingga medium, pasir kelanauan medium hingga kasar, kerikil kelanauan atau berlempung	24-29
Pasir halus , pasir kelanauan atau berlempung halus hingga medium	19-24
Lanau kepasiran halus, lanau non plastis	17-19
Lempung prakonsolidasi atau residual yang sangat teguh dan keras	22-26

Material	Sudut Geser δ (°)
Lempung agak teguh hingga lempung lempung teguh, dan lempung kelanauan	17-19
Pasangan bata pada material fondasi memiliki faktor geser yang sama	

Sumber : : NAVFAC DM 7.2, 1984

2.3.8 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Modulus Oedometric

Tabel 2. 9 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Oed

Soil	Oedometric modulus Eoed [MPa]
Gravels	60-600
Medium dense sands to dense sands	7-130
Cohesive	2-30

Sumber : : Vanicek, I.: *Geomechanika 10: mechanika zemin. 3th edition, Prague, CTU, 2000, 229 s., ISBN 80-01-01437-1*

2.3.9 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Adhesi

Tabel 2. 10 Korelasi Jenis Tanah Terhadap Nilai Adhesi

Pile material	Soil Consistency	Cohesion Range	Adhesion Coefficient
Timber and Concrete Piles	Very soft	0-12	0-1
	soft	12-24	1-0.96
	medium stiff	24-48	0.96-0.75

Pile material	Soil Consistency	Cohesion Range	Adhesion Coefficient
	stiff	48-96	0.75-0.48
	very stiff	96-192	0.48-0.33
Steel Piles	Very soft	0-12	0-1
	soft	12-24	1-0.92
	medium stiff	24-48	0.92-0.7
	stiff	48-96	0.7-0.36
	very stiff	96-192	0.36-0.19

Sumber : : NAVFAC DM 7.2, 1984

2.3.10 Korelasi Jenis Pile Terhadap Friction Angle on Pile δ

Tabel 2. 11 Korelasi Friction Angle on Pile δ

Pile Material	δ °
Steel Piles	20
Timber Piles	0.75ϕ
Steel Reinforced Concrete Piles	0.75ϕ

Sumber : : NAVFAC DM 7.2, 1984

Dimana : δ sudut geser dalam tanah

2.4 Daya Dukung Tiang

Untuk mendapatkan daya dukung tiang, digunakan rumus berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.1)$$

Dimana :

Q_u : daya dukung tiang

Q_p : daya dukung ujung tiang = $q_p \times A$

Q_s : daya dukung selimut tiang = $\sum q_s \times A_s$

2.4.1 Lead Rubber Bearing (LRB)

Daya dukung tiang berdasarkan data SPT, dapat dihitung berdasarkan metode Meyerhof :

- a. Daya dukung ujung tanah pada tanah non-kohefif

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N_{SPT} \times A_p \quad (2.2)$$

- b. Tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah non-kohefif

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times p \times Li \quad (2.3)$$

- c. Daya dukung ujung tiang pada tanah kohefif untuk tiang pancang dan tiang bor

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (2.4)$$

- d. Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohefif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times Li \quad (2.5)$$

Dengan :

Q_p = Tahanan ujung ultimate (kN)

A_p = Luas penampang tiang pancang (m²)

N_{SPT} = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT

= N_{SPT} memakai Norr = $(N_1 + N_2)/2$

= N_1 adalah nilai $N_{rata-rata}$ 10D

= N_2 adalah $N_{rata-rata}$ 4D

L_b = Tebal lapisan tanah kumulatif (m)

D = Diameter tiang pancang (m)

Li = Tebal lapisan tanah ke - i (m)

P = Keliling tiang (m)

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

C_u = Kohesi undrained (kN/m²)

= $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$

2.4.2 Kapasitas Dukung Selimut Tiang (Qs)

Kapasitas dukung selimut tiang (Qs) dapat dihitung dengan rumus berikut ini (Sumber : Braja M Das).

$$Q_s = \sum A_s \cdot f \quad (2.6)$$

$$A_s = p \cdot \Delta L \quad (2.7)$$

Dengan :

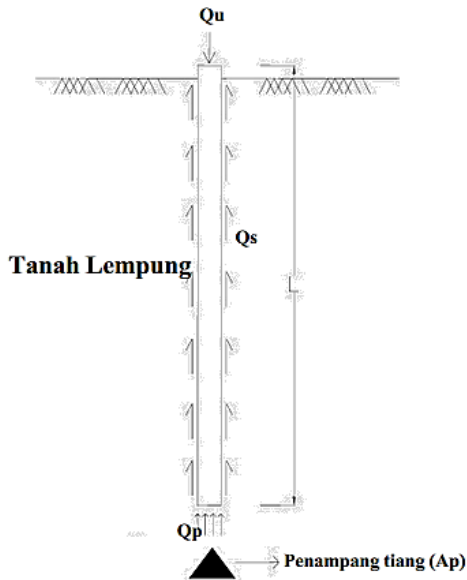
A_s = Luas selimut tiang (m^2)

p = Keliling tiang (m^2)

ΔL = Panjang tiang (m)

f = Gesekan selimut

Kapasitas dukung selimut tiang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 1 Kapasitas dukung selimut tiang

Sumber : Braja, M Das

Sedangkan untuk menentukan nilai gesekan selimut (f) adalah berdasarkan jenis tanahnya. Berikut ini adalah rumus yang dipergunakan untuk menghitung nilai gesekan selimut (f) menurut jenis tanahnya :

- **Tanah Pasir**

$$f = K \cdot \sigma'_v \cdot tg\delta \quad (2.8)$$

$$K = (1-2) K_0 \quad \text{untuk displacement besar} \quad (2.9)$$

$$K = (0,75-1,75) K_0 \quad \text{untuk displacement kecil} \quad (2.10)$$

$$K = (0,75-1,0) K_0 \quad \text{untuk bored pile} \quad (2.11)$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (2.12)$$

Dengan :

$$\Phi = \text{Sudut gesek dalam}$$

$$K = \text{Koefisien tekanan tanah}$$

$$K_0 = \text{Koefisien tekanan tanah saat diam}$$

$$\sigma'_v = \text{Tegangan vertikal efektif tanah, dianggap konstan setelah kedalaman 15d (Meyrhoft).}$$

$$\delta = \text{Sudut gesek permukaan}$$

$$\delta_{\text{beton}} = (0,80 - 1) \cdot \phi \quad (2.13)$$

$$\delta_{\text{kayu}} = 2/3 \phi \quad (2.14)$$

$$\delta_{\text{baja}} = (0,59 - 0,90) \cdot \phi \quad (2.15)$$

$$\delta_{\text{cor ditempat}} = \phi \quad (2.16)$$

• Tanah Lempung

Pada tanah lempung ada 3 metode untuk menghitung nilai gesekan selimut (f). (Sumber : Braja M Das).

- Metode Lambda (λ) dari Vijayvergiya dan Focht

$$f_{ave} = \lambda (\sigma'_{ave} + 2Cu_{ave}) \quad (2.17)$$

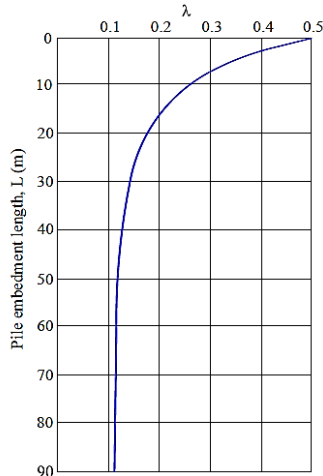
Dengan :

$$f_{ave} = \text{Gesekan selimut rata - rata}$$

$$\lambda = \text{Konstanta (ditentukan berdasarkan Gambar 2.4)}$$

$$\sigma'_{ave} = \text{Tegangan vertical efektif rata - rata}$$

$$u_{ave} = \text{Kohesi tanah undrained rata - rata}$$



Gambar 2. 2 Koefisien λ Vijayvergiya dan Focht

Sumber : Braja, M Das

Untuk nilai C_u ave dihitung dengan rumus berikut :

$$C_{u \text{ ave}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ui} \cdot L_i}{L} \quad (2.18)$$

Dengan :

C_{ui} = Kohesi tanah undrained lapis ke i

L_i = Panjang segment tiang lapis ke i

L = Panjang tiang

2.5 Perhitungan Stabilitas Abutment

- Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi^\circ + c \cdot B}{\sum H} \quad (2.19)$$

- Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{M_x}{M_y} \quad (2.20)$$

- Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} \quad (2.22)$$

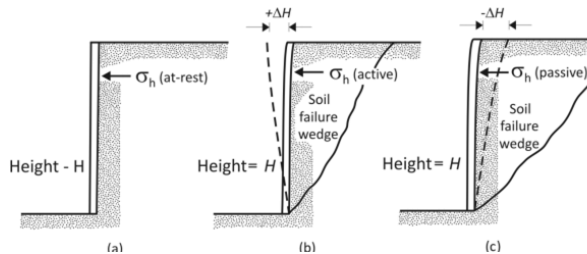
- Control terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) \quad (2.23)$$

2.6 Tekanan Tanah Lateral

Analisa tekanan tanah lateral digunakan untuk perancangan dinding penahan tanah dan struktur penahan lainnya. Tekanan tanah adalah gaya yang ditimbulkan akibat dari gaya dorong tanah di belakang struktur penahan tanah, yang dipengaruhi oleh perubahan letak (displacement) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah (Hardiyatmo, 2007).

Tekanan tanah lateral ada 3 macam yaitu tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif.

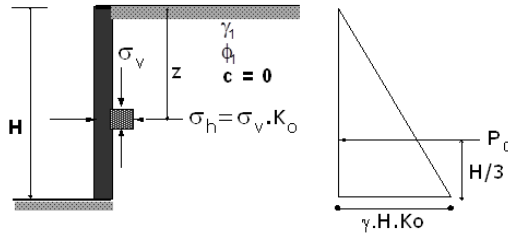


Gambar 2. 3 Tekanan Tanah Lateral

2.6.1 Tekanan Tanah Lateral Saat Diam

Tekanan tanah diam adalah tekanan lateral pada kondisi tanah tidak bergerak.

Dinding penahan tanah dalam keadaan diam, yaitu saat dinding penahan tanah tidak bergerak kesalah satu arah horizontal. Maka massa tanah berada dalam keadaan elastis (elastic equilibrium) (Braja M.Das 1985). Rasio tekanan arah horizontal dan vertical dinamakan “koefisien tanah dalam keadaan diam, K_0 atau $K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$. Karena $\sigma_v = \gamma Z$, maka $\sigma_v = K_0 \gamma Z$ (2.24)



Gambar 2. 4 koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (K_o)

Untuk tanah berbutir, keadaan tanah dalam keadaan diam dapat dihitung oleh hubungan empiris yang di perkenalkan oleh Jaky (1994).

$$K_o = 1 - \sin \phi \quad (2.25)$$

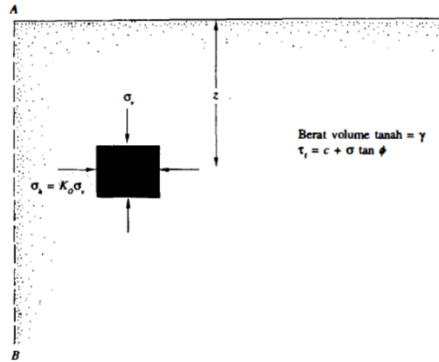
Untuk tanah lempung Brooker dan Jreland (1965) mengemukakan hubungan empiris untuk menghitung K_o

$$K_o = 0,95 - \sin \phi \quad (2.26)$$

Untuk tanah lempung, persamaan empiris yang lain untuk K_o juga di kemukakan oleh Alpan (1967):

$$K_o = 0,19 + 0,223 \text{ Log } (PI) \quad (2.27)$$

PI = Indeks Plastis

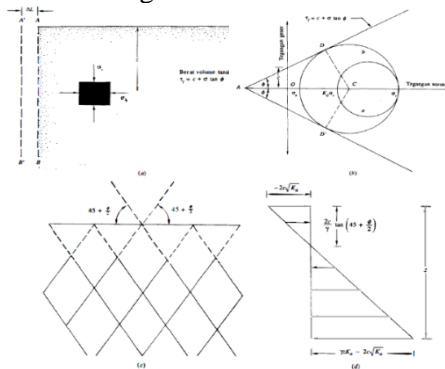


Gambar 2. 5 Tekanan Tanah Lateral Saat Diam

Sumber : Buku Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah

2.6.2 Tekanan Tanah Aktif Menurut Rankine

Tanah urugan akan bergerak kebawah dan kesamping menekan dinding penahannya jika dinding penahan tanah mengalami pergerakan kearah luar dari tanah urugan di belakangnya. Tekanan tanah ini disebut tekanan tanah aktif yang dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Kondisi Aktif menurut Rankine

Sumber: Braja, M Das, 1995

- Apabila AB tidak diizinkan bergerak sama sekali, maka $v_h = K_0 \sigma_v$. Kondisi tegangan dalam elemen tanah ini dapat diwakili oleh lingkaran Mohr a (gambar c).
- Bila dinding AB berputar terhadap dasar dinding ke suatu posisi A'B, maka massa tanah segitiga ABC' yang berdekatan dengan dinding akan mencapai keadaan "aktif".
- Bidang geser BC" yang membatasi massa tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis adalah membuat sudut $(45 + \frac{\varphi}{2})$ dengan arah horisontal.
- Tekanan σ_a yang bekerja pada bidang vertikal adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine.

Kondisi tegangan ketika dalam keseimbangan plastis dapat digambarkan dalam persamaan Mohr-Coulomb yaitu :

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \tan^2(45 + \varphi / 2) + 2c \tan(45 + \varphi / 2) \quad (2.28)$$

dimana : $\sigma_1 = \sigma_v$ (tegangan utama besar)

$\sigma_3 = \sigma_a$ (tegangan utama kecil)

$$\sigma_a = \frac{\sigma_v}{\tan^2 x(45 + \varphi / 2)} - \frac{2c}{\tan x(45 + \varphi / 2)} \quad (2.29)$$

atau :

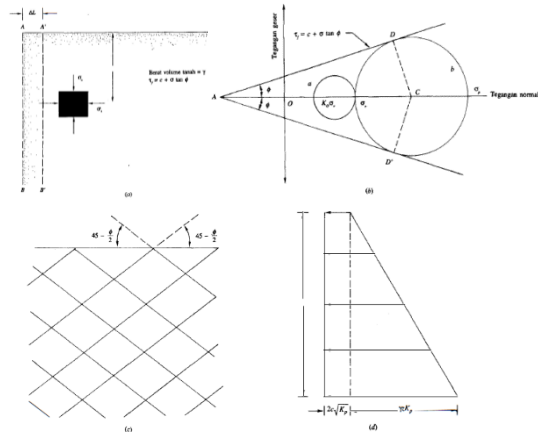
$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sigma_v \cdot \tan^2(45 - \varphi / 2) - 2c \tan(45 - \varphi / 2) \quad (2.30) \\ &= \sigma_v \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \end{aligned}$$

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.31)$$

2.6.3 Tekanan Tanah Menurut Pasif Rankine

Tekanan tanah pasif adalah gaya yang diakibatkan tanah terdorong akibat gaya luar. Tekanan tanah pasif

menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan tanah pada urugannya.



Gambar 2. 7 Kondisi Pasif menurut Rankine

Sumber: Braja, M Das, 1995

- Keadaan tegangan awal pada suatu elemen tanah diwakili oleh lingkaran Mohr a (gambar c).
- Bila dinding mengalami perputaran ke arah massa tanah yaitu ke posisi A”B maka massa tanah ABC” akan mencapai keadaan “pasif”. Kondisi tegangan elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b (gambar c).
- Pada geser BC” yang membatasi massa tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis adalah membentuk sudut $(45 + \frac{\phi}{2})$ dengan arah horizontal
- Tekanan tanah ke samping σ_p , yang merupakan tegangan utama besar adalah “tekanan tanah pasif menurut Rankine”.

Kondisi tegangan ketika dalam keseimbangan plastis dapat digambarkan dalam persamaan Mohr-Coulomb yaitu :

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \tan^2(45 + \varphi/2) + 2c \tan(45 + \varphi/2) \quad (2.32)$$

dimana : $\sigma_1 = \sigma_v$ (tegangan utama besar)

$\sigma_3 = \sigma_v$ (tegangan utama kecil)

$$\sigma_p = \sigma_v \cdot \tan^2(45 + \phi/2) + 2c \tan(45 + \phi/2) \quad (2.33)$$

atau :

$$\sigma_v = \sigma_v \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) - 2c \tan(45 - \varphi/2) \quad (2.34)$$

$$= \sigma_v \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

$$K_p = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2(45 + \varphi/2) \quad (2.35)$$

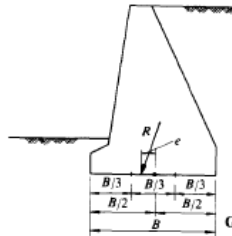
2.7 Faktor yang Perlu Diperhatikan Dalam Perancangan

Struktur Bawah harus di rancang untuk tetap aman terhadap :

1. Stabilitas Guling
2. Stabilitas Geser
3. Daya Dukung Tanah

2.7.1 Kestabilan Terhadap Guling

Kestabilan terhadap guling besarnya berdasarkan kedudukan kerja (eksentrisitas) gaya resultan yang ditimbulkan oleh beban yang bekerja. Kedudukan gaya resultan pada dasar pondasi terlihat seperti pada gambar 9 , agar terletak didalam batas 1/3 lebar dasar pondasi. Sehingga keadaan tersebut dapat dipenuhi.



Gambar 2. 8 Kedudukan Kerja dari Gaya Resultan
Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (2000)

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma M}{\Sigma M_H} \geq 2 \quad (2.36)$$

2.6.1 Stabilitas Terhadap Geser

Gaya tanah aktif selain menimbulkan momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga tanah akan bergeser. Gaya geser yang terjadi tidak boleh melebihi daya dukung mendatar yang diijinkan dari tanah pondasi.

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 1,5 \quad (2.37)$$

Untuk tanah granuler ($c=0$)

$$\Sigma R_h = W \cdot f \quad (2.38)$$

$$f = \tan \delta_b ; \delta_b \leq \varphi$$

Untuk tanah kohesif ($\varphi = 0$)

$$\Sigma R_h = C_a \cdot B \quad (2.39)$$

Untuk tanah yang memiliki c - φ ($c > 0$ dan $\varphi > 0$)

$$\Sigma R_h = C_a \cdot B + W \tan \delta \quad (2.40)$$

Dimana:

ΣR_h = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

W = Berat total dan dinding penahan tanah diatas pelat pondasi (kN)

δ_b = Sudut gesek antar tanah dan dasar pondasi, biasanya

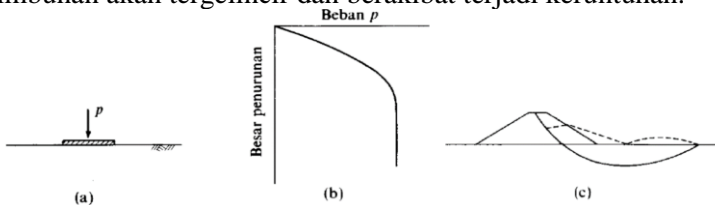
$$\text{diambil } \frac{1}{3} - \frac{2}{3} \varphi$$

- ϕ = Sudut gesek dalam tanah dasar
 C_a = $a d \times c$ = Adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m²)
 C = Kohesi tanah dasar (kN/m²)
 $a d$ = Faktor adhesi
 B = Lebar pondasi (m)
 ΣP_h = Jumlah gaya-gaya horizontal (kN)
 F = $\tan \delta_b$ = koefisien geser antara tanah dasar dan dasar pondasi

2.7.2 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur di atasnya. Pondasi merupakan bagian struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah.

Gejala yang sering tampak apabila penimbunan dilakukan pada tanah yang buruk akan menimbulkan semacam tegangan geser, sehingga melampaui kekuatan tanah pondasi, maka timbunan akan tergelincir dan berakibat terjadi keruntuhan.

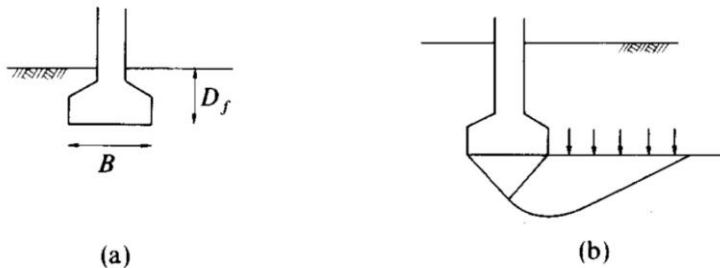


Gambar 2. 9 Kapasitas Daya Dukung Tanah Pondasi

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000

Kelakuan pondasi pada tiang pancang berbeda dengan kelakuan pondasi yang di bangun di sekitar permukaan, yaitu bawah daerah plastis diatas bagian bawah pondasi berubah akibat penetrasi. gesekan sekitar tiang pancang memegang peranan penting dalam mendukung pondasi, pengertian daya dukung juga boleh diartikan “daya dukung tiang-tiang pancang”

dengan pengertian satu tiang pancang yang memikul. Dalam bagian ini, uraian hanya dibatasi untuk hal dimana daya dukung tanah pondasi adalah mampu mendukung pondasi atau struktur-struktur yang dibangun di sekitar permukaan tanah.



Gambar 2. 10 Kedalaman Pondasi

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondas, 2000

Seperti pada Gambar 11 bila kedalaman pemasangan D_f ternyata lebih kecil dari pada lebar Pondasi B , maka biasa disebut pondasi dangkal dan tanah pondasi di atas dasar pondasi dianggap memberikan fungsi pengontrolan daerah plastis.

Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah dapat menggunakan persamaan:

Dengan persamaan :

$$. Q_u = cN_c + \gamma D_f 4 + 0.5 B N_\gamma \quad (2.41)$$

dengan pengertian:

Q_u = daya dukung tanah (kPa)

C = kohesi (kPa)

Γ = berat isi tanah (kN/m³)

D_f = kedalaman tanah yang ditinjau (m)

B = lebar fondasi atau timbunan (m)

N_c , N_q , N_γ adalah faktor daya dukung

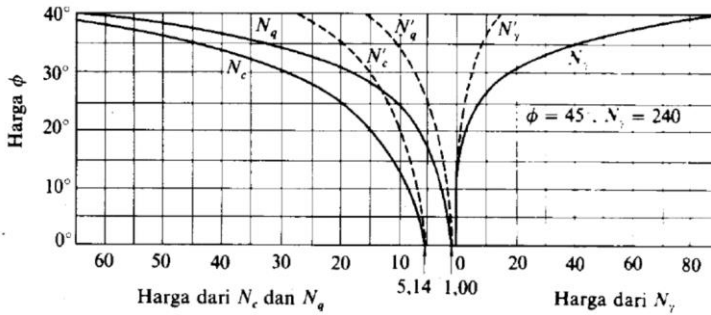
Persamaan diatas dapat digunakan untuk pasir padat, kerakal dan lempung keras. Jika tanah pondasi tersebut berupa pasir lepas atau lempung buruk maka nilai-nilai N_c , N_q dan N_γ digantikan dengan N'_c , N'_q dan N'_γ . Untuk nilai-nilai dari

koefisien Terzaghi N_c , N_q , N_γ , N'_c , N'_q dan N'_γ . ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut .

Tabel 2. 12 Koefisien daya dukung dari Tarzaghi

σ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0°	5.71	1	0	3.81	1	0
5°	7.32	1.64	0	4.48	1.39	0
10°	9.64	2.7	1.2	5.34	1.94	0
15°	12.8	4.44	2.4	6.46	2.73	1.2
20°	17.7	7.43	4.6	7.9	3.88	2
25°	25.1	12.7	9.2	9.86	5.6	3.3
30°	37.2	22.5	20	12.7	8.32	5.4
35°	57.8	41.4	44	16.8	12.8	9.6
40°	95.6	81.2	114	23.2	20.5	19.1
45°	172	173	320	34.1	35.1	27

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondas,2000



Gambar 2. 11 Koefisien daya dukung

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondas,2000

Faktor keamanan terhadap daya dukung menurut SNI – 8460 – 2017 minimum sebesar 3.

$$q = \frac{q_u}{F_s} \tag{2.42}$$

2.7.3 Stabilitas Terhadap Sliding

Apabila permukaan cenderung membentuk lereng, maka gaya geser semakin besar. Karena gaya berat atau gaya air rembesan dan gaya gempa timbul dari dalam tanah pondasi. Bila tegangan geser melampaui tahanan geser tanah maka tanah mulai runtuh dan akhirnya terjadilah keruntuhan tanah sepanjang bidang yang menerus dan massa tanah di atas bidang yang menerus ini akan longsor. Peristiwa ini disebut sebagai keruntuhan lereng dan bidang yang menerus ini biasanya disebut bidang gelincir. Faktor keamanan terhadap gelincir F_s sebagai berikut.

$$F_s = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya yang menggelincirkan}} = \frac{\sum(c.l + W_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \phi)}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (2.43)$$

Dimana:

F_s = Faktor keamanan terhadap gelincir

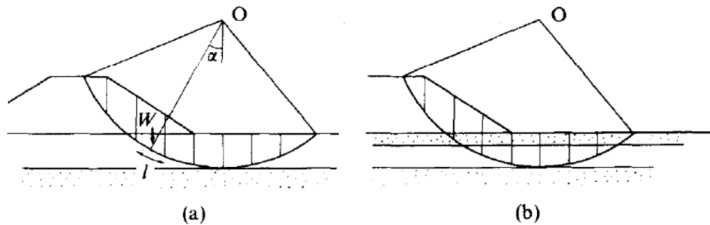
c = kohesi tanah

ϕ = sudut geser dalam

W = Berat

l = Panjang lengkungan lingkaran

α_i = Sudut yang dibuat oleh jari-jari lengkungan lingkaran dan garis vertical melalui pusat gaya berat tiap irisan



Gambar 2. 12 Perhitungan kemantapan dengan cara irisan

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondas, 2000

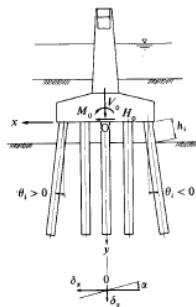
Dinding *soil nailing* dikatakan aman terhadap geser arah lateral jika $FK_{\text{sliding}} \geq 1,5$ pada kondisi normal dan $\geq 1,1$ pada kondisi gempa

2.8 Displacement

Biasanya, pada pondasi tiang bekerja gaya vertikal V_o , gaya mendatar H_o dan momen putar M_o , dan gaya-gaya luar ini berada dalam keadaan setimbang dengan gaya-gaya yang menyebabkan perpindahan pada tumpuan yang kaku, misalnya perpindahan mendatar d , pada pusat gabungan tiang (titik pusat O pada Gambar 2.12), perpindahan dalam arah vertikal δ_r , perpindahan tempat dengan cara berputar (rotary displacement) α dengan anggapan sebagai pegas yang elastis. Cara ini disebut cara perpindahan (displacement method) di mana analisa dilakukan berdasarkan hubungan keseimbangan dan saat ini merupakan cara perhitungan yang paling ketat terhadap reaksi tiang.

Anggapan-anggapan dalam perhitungan menurut cara perpindahan:

1. Pondasi tiang dianggap sebagai bangunan dua dimensi.
2. Tiang dianggap bersifat elastis-linier terhadap gaya tekan, gaya Tarik lenturan dan konstanta pegas dalam arah vertikal, arah mendatar dan pada kepala tiang dianggap konstan.



Gambar 2. 13 Sistem Koordinat untuk Menghitung dengan cara perpindahan

Sumber: Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000.

3. Tumpuan dianggap kaku (rigid) dan berputar ke pusat gabungan tiang

Perhitungan berdasarkan cara perpindahan. Mula-mula dibuat system koordinat seperti yang terlihat pada Gambar 2.9 dan titik 0 sebagai titik pusat dasar tumpuan. Kemudian gaya yang bekerja pada titik 0 ditetapkan seperti yang terlihat pada gambar, dan perpindahan titik 0 δ_x , dan δ_y ke arah sumbu koordinat, juga rotasinya α diukur seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.9. kemudian perpindahan titik-titik pusat dapat ditentukan dengan menyelesaikan persamaan-persamaan tiga dimensi ini secara berurutan.

$$A_{xx} \cdot \delta_x + A_{xy} \cdot \delta_y + A_{x\alpha} \cdot \alpha = H_0 \quad (2.44)$$

$$A_{yx} \cdot \delta_x + A_{yy} \cdot \delta_y + A_{y\alpha} \cdot \alpha = V_0 \quad (2.45)$$

$$A_{\alpha x} \cdot \delta_x + A_{\alpha y} \cdot \delta_y + A_{\alpha\alpha} \cdot \alpha = M_0 \quad (2.46)$$

Dimana:

H_0 = Beban mendatar yang bekerja diatas basement tumpuan (Ton)

V_0 = Beban vertikal yang bekerja diatas basement tumpuan (Ton)

M_0 = Momen Luar terhadap titik pusat dasar tumpuan (Ton.m)

δ_x = Perpindahan mendatar terhadap titik pusat dasar tumpuan 0 (cm)

δ_y = Perpindahan vertical terhadap titik pusat 0 (cm)

α = Sudut rotasi tumpuan (*radial*)

x_i = Koordinat x untuk kepala tiang ke-I (m)

2.9 Pembebanan Untuk Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai besar beban yang bekerja pada struktur. Berdasarkan SNI 1725-2016, pembebanan pada gedung adalah sebagai berikut:

2.9.1 Beban Mati

Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

2.9.2 Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat dari berat kendaraan-kendaraan bergerak atau lalu lintas atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

2.9.3 Beban Rem

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan.

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari 25% dari berat truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR).

2.9.4 Beban Angin Pada Struktur

Berdasarkan peraturan Pembebanan untuk Jembatan, beban angin yang bekerja terhadap jembatan, secara horizontal dengan nilai sebagai berikut dimana beban total angin tidak boleh:

- Kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan,
- Kurang dari 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, dan
- Kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (2.47)$$

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (2.48)$$

Dimana:

V_{DZ} =Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,Z (km/jam)

V_{10} =Kecepatan angin pada elevasi 10 m diatas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana (km/jam)

Dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survey angin pada lokasi jembatan, dan
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencanaan dapat mangasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90 \text{ km/jam} - 126 \text{ km/jam}$.

V_B = Kecepatan angin rencana yaitu 90 km/jam - 126 km/jam pada elevasi 1m

Z =Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10\text{m}$)

P_B =Tekanan angin dasar dalam Table 2 dan Tabel 3 dibawah.

Dapat diperoleh dari:

- Angin yang bekerja tegak lurus struktur

Tabel 2. 13 Tekanan angin dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (Mpa)	Angin Hisap (Mpa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0.0024	0.0012
Balok	0.0024	N/A
Permukaan Datar	0.0019	N/A

Sumber: SNI-1725-2016

- Angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur. Harus dikerjakan pada titik berat dari area yang terkena beban angin.

Tabel 2. 14 Tekanan Angin Dasar (P_B) untuk berbagai sudut serang

Sudut serang	Rangka, kolom dan pelengkung		Gelagar	
	Beban lateral MPa	Beban Longitudinal MPa	Beban lateral MPa	Beban Longitudinal MPa
Derajat				
0	0.0036	0	0.0024	0
15	0.0034	0.0006	0.0021	0.0003
30	0.0031	0.0013	0.002	0.0006
45	0.0023	0.002	0.0016	0.0008
60	0.0011	0.0024	0.0008	0.0009

Sumber: SNI-1725-2016

V_0 = Kecepatan gesekan angina, yang merupakan karakteristik meteorology, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 4 dibawah , untuk berbagai macam tipe permukaan dihulu jembatan.

Z_0 =Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorology, ditentukan pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 2. 15 Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13.2	17.6	19.3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

Sumber: SNI-1725-2016

2.9.5 Beban Teknis Perancangan Kegempaan (SNI 8460-2017)

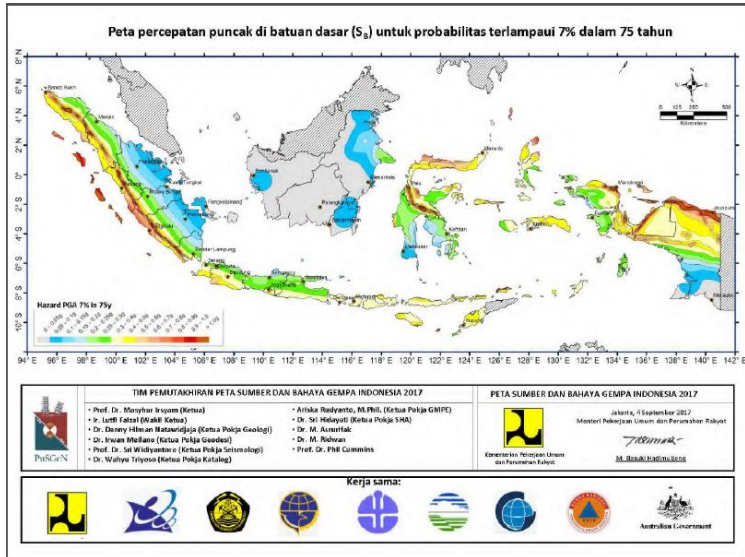
2.9.5.1 Persyaratan Ketahanan Gempa

Kriteria perancangan gempa rencana untuk tiap-tiap infrastruktur diperlihatkan pada Tabel 52. Struktur dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan beban gempa rencana sesuai dengan kriteria batas deformasi dan kekuatan yang diisyaratkan untuk dinding penahan abutment

- 1) $FK > 1,5$ (terhadap geser saat
- 2) mengalami beban statik)
- 3) $FK > 2$ (terhadap guling saat
- 4) mengalami beban statik)
- 5) $FK > 1,1$ (terhadap beban pseudostatik)

2.9.5.2 Peta Gempa

Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili level hazard (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 2. 14 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Sumber: Peta Gempa 2017

2.9.6 Gempa Rencana Untuk Jembatan

- a) Jembatan konvensional harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh tetapi dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun atau setara dengan periode ulang 1.000 tahun.
- b) Bahaya gempa (seismic hazard) pada jembatan konvensional harus dikarakterisasi menggunakan spektrum respons percepatan dan faktor situs untuk kelas situs yang sesuai.
- c) Gaya gempa harus diasumsikan untuk dapat bekerja dari semua arah lateral.

- d) Faktor modifikasi respons (R) yang sesuai harus digunakan di kedua arah sumbu ortogonal bangunan bawah.
- e) Apabila digunakan analisis dinamik riwayat waktu, maka faktor modifikasi respons (R) diambil sebesar 1 untuk seluruh jenis bangunan bawah dan hubungan antar elemen struktur.
- f) Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (Csm) dan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R).

2.10 Persyaratan Dinding Penahan Tanah

Faktor keamanan minimum untuk dinding penahan tanah berdasarkan SNI 8460-2017 pasal 10.2.5.3 tentang pemeriksaan stabilitas dinding dan factor minimum adalah sebagai berikut :

- FK geser lateral > 1.5
- FK guling > 2
- FK daya dukung > 3
- FK stabilitas global 1.5
- FK terhadap gempa > 1.1

* L adalah Panjang perkuatan

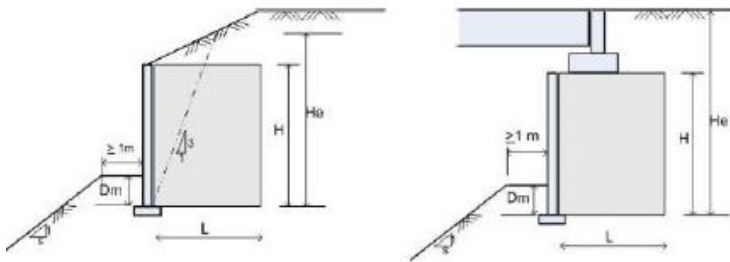
Dm adalah minimum terbenamnya penutup muka

2.11 Persyaratan Perancangan Dinding MSE

Persyaratan panjang perkuatan dan jarak antar-perkuatan diberikan sebagai berikut.

- a) Panjang perkuatan yang disyaratkan adalah $L \geq 0,7 H_e$, dengan H_e adalah tinggi efektif dinding MSE dihitung dari permukaan atas alas perata (levelling pad). Berapapun tinggi H_e , L harus $\geq 2,5 \text{ m}$) (lihat Gambar 57 untuk ilustrasi L dan H_e).

- b) Panjang perkuatan harus sama untuk keseluruhan tinggi dinding. Pengecualian dapat dilakukan antara lain untuk hal-hal berikut:
- 1) penambahan panjang perkuatan baris bawah hingga $> 0,7H_e$ untuk memenuhi persyaratan stabilitas global;
 - 2) pengurangan panjang perkuatan baris bawah hingga $< 0,7H_e$ karena dinding MSE duduk di lapisan batu atau tanah keras dengan N SPT > 50 .
- c) Panjang minimum perkuatan bertambah dengan bekerjanya beban-beban luar.
- d) Panjang minimum perkuatan juga bertambah dengan semakin lunaknya tanah fondasi.
- e) Spasi tipikal untuk pita metalik, diberikan sebagai berikut:
- 1) Spasi vertikal, S_v : 0,2 m – 1,25 m;
 - 2) spasi horizontal, S_h : 0,8 m – 1,5 m.
- f) Spasi vertikal dapat berubah seiring dengan kedalaman.



Gambar 2. 15 Ilustrasi persyaratan terbenamnya penutup muka

Sumber: GEO Hongkong, 2002

2.12 Persyaratan jarak antar tiang

Berdasarkan SNI 8460-2017 pasal 9.7.1.2 . Untuk fondasi tiang jarak antara as ke as tiang tidak boleh kurang dari

keliling tiang atau untuk tiang berbentuk lingkaran tidak boleh kurang dari 2,5 kali diameter tiang.

2.13 Perhitungan Penulangan

Untuk menghitung tulangan pondasi dan abutment diperlukan:

1. Dalam perhitungan tiang bor dianggap sebagai sebuah kolom. Efek kelangsingan dapat diabaikan apabila ratio kelangsingan memenuhi:

$$\frac{k.lu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \quad (2.49)$$

2. Elastisitas beton dihitung dengan rumus :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'} \quad (2.50)$$

3. Luas penampang pondasi (A_g) luas tulangan perlu (A_s) dan luas tulangan yang digunakan (A_{s1}) menggunakan rumus:

$$A_g = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.51)$$

$$A_s = \rho_s \cdot A_g \quad (2.52)$$

$$A_{s1} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.53)$$

4. Jumlah tulangan yang digunakan (n):

$$n = A_s / A_{s1} \quad (2.54)$$

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

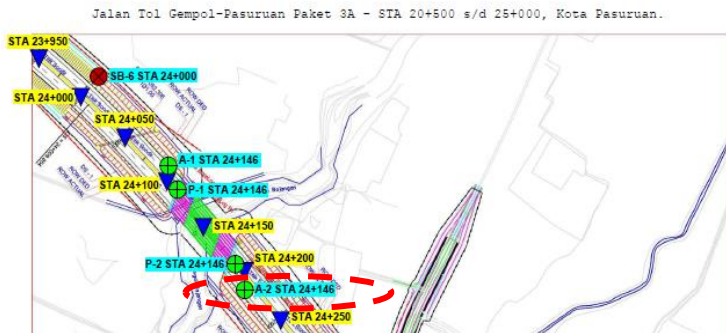
3.1 Pengumpulan Data

Untuk mendukung penulisan dan keperluan analisa data. Data-data sekunder yang digunakan dalam Tugas Akhir ini didapat dari proyek jalan tol Gempol-Pasuruan. Data tersebut meliputi:

1. Data Gambar:
Layout Tes Geoteknik



SOIL TEST LOCATION 7



Gambar 3. 1 Lokasi Tes Sondir

Sumber : Data Tanah PT.WIKA

2. Data tanah antara lain tes Bor-Log, nilai N-SPT, dan Parameter tanah lainnya
3. Gambar Perencanaan abutment dan pier (*shop drawing*) didapat dari proyek

3.2 Studi Literatur

Studi Literatur adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai bahan acuan dalam melakukan permodelan perkuatan. Buku – buku referensi sangat diperlukan dalam pembuatan laporan proyek akhir ini, karena penulis dapat dengan mudah menambahkan informasi lebih banyak tentang pemodelan perbaikan dan perkuatan tanah dari para penulis yang telah banyak pengalaman dalam dunia teknik sipil. Adapun bahan studi yang perlukan adalah sebagai berikut:

1. Braja M Das jilid 1 (1995)
2. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (2000)
3. SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik
4. SNI 1725 2016 Pembebanan untuk jembatan
5. SNI 2833 2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa
6. RSNI T-04-2005 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
7. Peta gempa 2017
8. Teknik Pondasi 1

3.3 Analisa Data Tanah

Analisa data tanah adalah kegiatan menganalisa data tanah yang diperoleh dari Proyek Jalan Tol Gempol-Pasuruan untuk mencari parameter tanah yang dibutuhkan untuk menginput ke dalam program *Geo5*. Apabila parameter yang digunakan untuk input ke program *Geo5* tidak tersedia di dalam data tanah yang diperoleh dari Proyek Jalan Tol Gempol-Pasuruan. Maka dilakukan korelasi data tanah menurut jenis tanah maupun menurut N-SPT.

3.4 Analisa Pembebanan Jembatan

Menghitung pembebanan diperlukan untuk mengetahui berapa beban yang harus dipikul oleh dinding penahan tanah . pembebanan berdasarkan pada SNI-1725-2016, adapun diantaranya :

- 1) Beban mati
- 2) Beban hidup
- 3) Beban rem
- 4) Beban angin
- 5) Beban gempa

3.5 Permodelan SAP 2000 untuk pier

Permodelan pier pada SAP 2000 dilakukan untuk mengetahui momen yang terjadi pada pier guna untuk pengecekan tulangan pada pier serta mengetahui beban yang masuk ke pier.

3.6 Permodelan Abutment dan Pier Jembatan Menggunakan Program Geo5

Pemodelan abutment dengan menggunakan *software Geo5* akan menghasilkan output berupa kapasitas daya dukung abutment dan pondasi. Langkah-langkah pemodelan abutment menggunakan *software Geo5* adalah sebagai berikut:

3.6.1 Langkah-langkah pemodelan abutment dan pier menggunakan *software Geo 5*

- 1) Membuat geometri struktur
- 2) Membuat profil tanah
- 3) Memasukkan parameter tanah
- 4) Data Material Dinding Penahan Tanah

Mutu Beton:

- Abutment $f_c = 20 \text{ Mpa}$
- Pier $f_c = 30 \text{ Mpa}$
- Baja Tulangan = BJTD – 40 (U-39)

Selimit beton footing min. bawah= 10 cm

Selimit beton footing min. tepi = 7 cm

- 5) Input beban
- 6) Input data pondasi
- 7) Masukan letak muka air
- 8) Lihat output yang dihasilkan

3.7 Analisa hasil dari permodelan Geo5

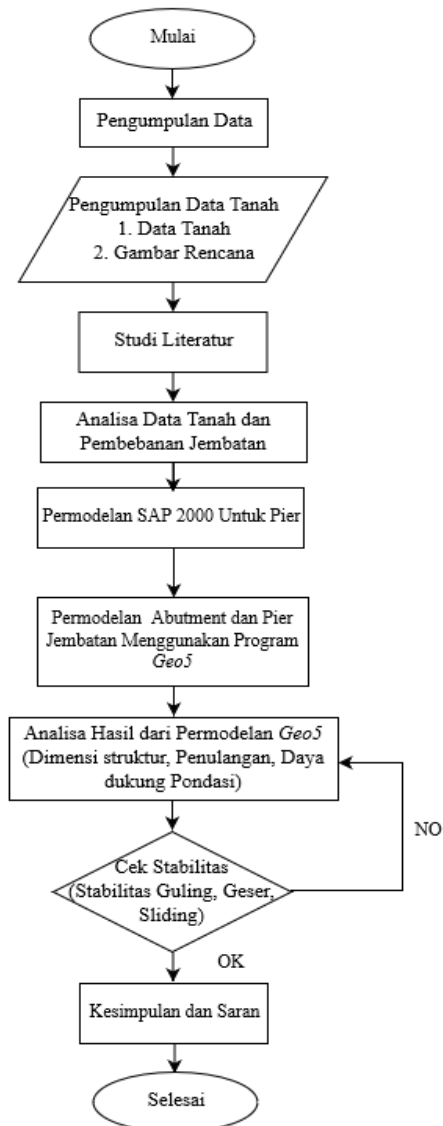
Output yang dihasilkan oleh program Geo5 berupa nilai geser, guling, stabilitas, momen , dan tulangan. Serta daya dukung tanah.

3.8 Cek stabilitas (stabilitas guling, geser,dan sliding)

Setelah dilakukan pemodelan selanjutnya adalah pengecekan apakah abutment tersebut mampu menahan beban yang bekerja . Selain itu dilakukan pengecekan terhadap stabilitasnya dan apakah sudah memenuhi *safety factor* nya

3.9 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut ini adalah diagram alir dalam menyelesaikan tugas akhir ini.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini menggunakan data SPT dari hasil penyelidikan kontraktor PT.WIKA (persero) yang di tes oleh PT.Testana. Data SPT yang diambil berada di STA 24+146

4.2 Parameter Tanah

4.2.1 Analisa Parameter Tanah

Terdapat data tes tanah pada titik borehole A2. Maka dari itu dilakukan analisa parameter tanah dengan cara korelasi nilai SPT untuk mendapatkan nilai yang belum di ketahui. Untuk mencari Pada titik Bore Hole A-2 dengan kedalaman 31,5 m yang terdiri dari 6 lapisan tanah dengan nilai rata-rata SPT yang berbeda-beda. Pada kedalaman 0 hingga 1,5 m merupakan jenis tanah lempung berlanau yang memiliki nilai SPT rata-rata 4. Nilai rata-rata tersebut dikaitkan dengan tabel korelasi parameter tanah disesuaikan dengan nilai yang dicari atau nilai yang diketahui pada sub bab 2.3

Dengan nilai SPT rata-rata tersebut dapat dicari nilai korelasi N-SPT terhadap γ_{sat} melalui tabel 2.3.3 pada kolom tanah kohesif. Kemudian mencari sudut geser melalui tabel 2.3.4 Kemudian mencari mencari nilai korelasi nilai poisson ratio (ν') yang didapat dengan melihat tabel 2.3.5 . Setelah itu nilai E (modulus Elastisitas) melalui tabel 2.3.6 disesuaikan dengan jenis tanah yang diketahui yaitu tanah lempung berlanau. .Kemudian mencari nilai Eod yang di dapat dengan melihat tabel 2.3.8. Kemudian mencari nilai adhesi sesuai jenis tanah untuk tanah kohesif yang dapat dilihat pada tabel 2.3.9. Yang terakhir mengkorelasikan jenis pile terhadap *friction angle on pile* yang dapat dilihat pada tabel 2.3.10.

Analisa penentuan korelasi tanah sesuai nilai SPT dan jenis tanah pada setiap lapisan tanah tersebut dilakukan untuk mendapatkan parameter tanah yang belum diketahui. Nilai korelasi parameter tanah tersebut dibutuhkan untuk proses input ke dalam program *Geo5* . Dari hasil analisis korelasi parameter tanah pada bore hole A2 disajikan pada tabel 4.1 dan bore hole P2 dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 1 Parameter Tanah Titik A2

No	Depth m	N-SPT Rata- Rata	Jenis Tanah	γ	γ sat	γ Unsat	Cu	ϕ_{ef}	E	v	δ	Eod
				kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kPa	°	kg/cm ²		fric.struc	
1	0-1.7	4	Lempung Berlanau I	16	16	13	12.5	25.5	30	0.1	17	6
2	1.7-2	4	Lanau berpasir	16	16	13	12.5	25.5	150	0.3	17	10
3	2-11	11.3333	Lempung Berlanau II	16	17.5	14.5	50	25.5	30	0.1	17	6
4	11-13	20.5	Pasir	18	20	17	0.5	36	1200	0.4	24	130
5	13- 19.5	30	Lanau berlempung	20	17.5	14.5	200	25.5	150	0.3	17	9
6	19.5- 31.5	51.5	Pasir	23	20	17	0.5	36	1200	0.4	24	130
7			Timbunan	23	20	17	0.01	43.5	1200	0.4	29	130

Sumber: Diolah

Tabel 4. 2 Parameter Tanah Titik P2

No	Depth	N-SPT Rata- Rata	Jenis Tanah	γ	γ sat	γ Unsat	C	ϕ_{ef}	E	ν	δ fric.struc	E _{od}
	m			kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kPa	°	kg/cm ²	°	Mpa	
1	0-2.5	3	Lanau Berlempung	14	15	12	12.5	25.5	150	0.3	17	9
2	2.5- 5.5	6	Lanau Berpasir	16	15	12	25	25.5	150	0.3	17	10
3	5.5- 11	14.6667	Lempung Berlanau	18	17.5	14.5	50	25.5	30	0.1	17	6
4	11- 12.5	44	Lanau berpasir	20	22.5	19.5	200	28.5	150	0.3	19	10
5	12.5- 15	33.6667	Pasir	18	20	17	0.5	36	1200	0.4	24	130
6	15- 19.5	32.75	Pasir berlanau	18	20	17	200	25.5	1200	0.4	17	130
7	19.5- 21	50	Lanau Berlempung	20	22.5	19.5	200	25.5	150	0.3	17	9

No	Depth	N-SPT Rata- Rata	Jenis Tanah	γ	γ sat	γ Unsat	C	ϕ_{ef}	E	ν	δ fric.struc	Eod
	m			kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kPa	°	kg/cm ²	°	Mpa	
8	21-23	23.5	Pasir berkerikil	18	20	17	0.01	36	1200	0.4	24	130
9	23- 25.5	25.5	Pasir berlanau	18	20	17	200	28.5	1200	0.4	19	130
10	25.5- 26.8	30	Lanau Berpasir	20	17.5	14.5	200	25.5	150	0.3	17	10
11	26.8- 28	45	Lanau Berlempung	20	22.5	19.5	200	25.5	150	0.3	17	9
12	28- 33.5	60	Pasir berlanau	23	20	17	210	28.5	1200	0.4	19	130

Sumber: Diolah

4.2.2 Analisa Parameter Timbunan Tanah Pasir

Penentuan parameter tanah pasir dilakukan untuk mendapatkan hasil Analisa yang digunakan sebagai timbunan yang berada dibelakang abutment. Menggunakan model material *Mohr-Coulomb*, dengan tipe material *Drained*.

Sifat fisik tanah pasir timbunan :

$$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$\gamma_{\text{unsat}} = 17 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$E = 1200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$V(\text{nu}) = 0.4$$

$$C = 5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$\Phi = 45^\circ$$

4.3 Data Struktur Jembatan

4.3.1 Data Jembatan

- Lokasi Jembatan : Jalan Tol Gempol–Pasuruan
sta 24+150
- Konstruksi Jembatan : Jembatan beton prategang
- Bentang Jembatan : 69 m
- Lebar Jembatan : 25 m

Data jembatan menggunakan data proyek jalan tol Gempol-Pasuruan

4.3.1 Data Material Jembatan

A) Data Beton

Mutu beton yang digunakan untuk struktur abutment dan pier adalah sebagai berikut:

- Abutment
 $F_c' = 20 \text{ Mpa}$
- Pier
 $F_c' = 30 \text{ Mpa}$

B) Data Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan untuk struktur abutment dan pier adalah sebagai berikut:

- Mutu baja tulangan BJTD 40
Tegangan leleh $F_y = 390 \text{ Mpa}$
Tegangan Putus $F_u = 560 \text{ Mpa}$
Modulus Elastisitas $E = 200000 \text{ Mpa}$
- C) Spesifikasi Tiang Pancang
Tiang pancang yang digunakan adalah tipe spun pile produksi WIKA BETON dengan spesifikasi berikut:
 - Diameter : 50 cm
 - F_c' : 52 MPa
 - Kelas : B

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19

Gambar 4. 1 Spesifikasi Tiang Pancang

Sumber: Brosur WIKA BETON

4.4 Perhitungan Dimensi Wingwall

Dikarenakan wingwall eksisiting tidak dapat dimodelkan karena keterbatasan geometri wingwall maka direncanakan dimensi wingwall. Syarat Menurut SNI 8460-2017 dengan syarat-syarat pada sub bab 2.11

Perencanaan Dimensi

$$L \geq 0.7 H_e$$

$$\geq 0.7 \cdot 1.67$$

$$2.5 \geq 1.169$$

dimensi wingwall

$$L = 3$$

$$H = 1.06$$

4.5 Data Pembebanan

4.5.1 Pembebanan pada Abutment

1. Beban mati bangunan atas

- Berat Girder
 - Luas Girder : 0.3167 m²
 - Bentang girder : 16.6 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Girder (q) : 121.617 kN
 - ½ Berat 6@PCI Girder = 378.519 kN

- Berat Diafragma
 - Lebar Diafragma : 1.25 m
 - Tinggi Diafragma : 0.5 m
 - Luas Diafragma : 0.625 m²
 - Panjang Diafragma : 2.31 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Diafragma (q) : 346.5 kN
 - ½ Berat Diafragma = 346.5 kN

- Berat Plat Lantai
 - Lebar Plat Lantai : 12.05 m
 - Tebal Plat Lantai : 0.22 m
 - Luas Plat Lantai : 2.651 m²
 - Panjang Plat Lantai : 16.6 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Plat Lantai (q) : 1056.16 kN
 - ½ Berat Plat Lantai = 528.079 kN

2. **Beban mati tambahan bangunan atas**

- Berat Rigid
 - Lebar Plat Lantai : 12.05 m
 - Tebal Rigid : 0.3 m
 - Luas : 3.615 m²
 - Panjang Plat Lantai: 17.04 m
 - BJ Rigid : 2300 kg/m³
 - ½ Berat Rigid = 70.83954 kN

- Berat Hujan

Tinggi Genangan : 0.05 m
 Lebar Jembatan : 11.7 m
 Volume Genangan : 9.711 m³
 Berat Air (W) : 219.038 kN
 ½ Beban Hujan = 109.519 kN

- Berat Tiang Sandaran
 - Luas : 0.013 m²
 - Bentang girder : 16.6 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Tiang Sandaran (q) : 5.17123 kN
 - ½ Berat 2 @Tiang Sandaran = 5.17123 kN

3. **Beban lalu lintas**

- Beban Lajur
 - a. Beban Terbagi Rata (BTR)
 - q_{BTR} : 9 kN/m²
 - Lebar lajur kendaraan : 12.5 m
 - Bentang jembatan : 16.6 m
 - q_{BTR} pada Abutment : 112.5 kN/m
 - P_{BTR} pada Abutment : 933.75 kN
 - b. BGT
 - P_{BGT} : 49 kN/m²
 - Lebar lajur kendaraan : 12.5 m
 - Bentang jembatan : 16.6 m
 - FBD : 0.4
 - P_{BGT} pada Abutment : 857.5 kN
- Beban Rem

Menurut SNI 1725 2016 gaya rem harus diambil yang terbesar dari 25% dari berat truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata.

Beban Truk

 - T : 112.5 kN

$$\begin{aligned} \text{FBD} & : 0.4 \\ \text{Tu} & = T(1+\text{FBD}) : 157.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

25% dari berat gandar truk desain :

$$\begin{aligned} \text{Berat Gandar Truk} & : 225 \text{ kPa} \\ \text{TB1} & : 56.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

5% dari berat truk rencana + beban lajur terbagi rata :

$$\begin{aligned} \text{BTR} & : 9 \text{ kPa} \\ \text{Tu} & : 157.5 \text{ kN} \\ \text{TB2} & : 101.25 \text{ kN} \\ \text{Maka TB} & = 101.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Plat Injak

- Beban Sendiri
 - BJ Beton : 24 kN/m³
 - Tebal Plat Injak : 0.3 m
 - Lebar : 3 m
 - = 21.6 kN/m
- Beban Rigid
 - BJ Beton : 24 kN/m³
 - Tebal Plat Injak : 0.31 m
 - Lebar : 3 m
 - = 22.32 kN/m
- Jumlah : 43.92 kN/m

5. Beban Angin

$$\begin{aligned} V_{DZ} & = 2,5V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right) \\ & = 87.756 \end{aligned}$$

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

$$\begin{aligned} V_{DZ} & = 87.76 & \text{km/jam} \\ V_B & = 90 & \text{km/jam} \\ P_B & = 0.0024 & \text{MPa} \end{aligned}$$

$$P_D = 0.00228 \quad \text{MPa}$$

4.5.2 Pembebanan pada Pier

1. Beban mati bangunan atas

- Berat Girder
 - Luas Girder : 0.7495 m²
 - Bentang girder : 35.8 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Girder (q) : 643.9704 kN
 - ½ Berat 6@PCI Girder = 1931.9112 kN

- Berat Diafragma
 - Lebar Diafragma : 2.10 m
 - Tinggi Diafragma : 0.5 m
 - Luas Diafragma : 1.05 m²
 - Panjang Diafragma : 2.32 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Diafragma (q) : 584.64 kN
 - ½ Berat Diafragma = 584.64 kN

- Berat Plat Lantai
 - Lebar Plat Lantai : 12.05 m
 - Tebal Plat Lantai : 0.22 m
 - Luas Plat Lantai : 2.651 m²
 - Panjang Plat Lantai : 35.8 m
 - BJ Beton : 2400 kg/m³
 - Beban Plat Lantai (q) : 2277.739 kN
 - ½ Berat Plat Lantai = 1138.8696 kN

2. Beban mati tambahan bangunan atas

- Berat Rigid
 - Lebar Plat Lantai : 12.05 m
 - Tebal Rigid : 0.3 m
 - Luas : 3.615 m²
 - Panjang Plat Lantai: 17.04 m

BJ Rigid : 2300 kg/m³

½ Berat Rigid = 70.83954 kN

- Berat Hujan

Tinggi Genangan : 0.05 m

Lebar Jembatan : 11.7 m

Volume Genangan : 20.943 m³

Berat Air (W) : 481.689 kN

½ Beban Hujan = 240.845 kN

- Berat Tiang Sandaran

Luas : 0.013 m²

Bentang girder : 35.8 m

BJ Beton : 2400 kg/m³

Beban Tiang Sandaran (q) : 11.1524 kN

½ Berat 2 @Tiang Sandaran = 11.1524 kN

3. Beban lalu lintas

- Beban Lajur

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

q_{BTR} : 9 kN/m²

Lebar lajur kendaraan : 12.5 m

Bentang jembatan : 35.8 m

q_{BTR} pada Abutment : 112.5 kN/m

P_{BTR} pada Abutment : 2013.75 kN

b. BGT

P_{BGT} : 49 kN/m²

Lebar lajur kendaraan : 12.5 m

Bentang jembatan : 35.8 m

FBD : 0.4

P_{BGT} pada Abutment : 857.5 kN

- Beban Rem

Menurut SNI 1725 2016 gaya rem harus diambil yang terbesar dari 25% dari berat truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata.

Beban Truk

T : 112.5 kN

FBD : 0.4

Tu = T (1+FBD) : 157.5 kN

25% dari berat gandar truk desain :

Berat Gandar Truk : 225 kPa

TB1 : 56.25 kN

5% dari berat truk rencana + beban lajur terbagi rata :

BTR : 9 kPa

Tu : 157.5 kN

TB2 : 209.25 kN

Maka TB = 209.25 kN

4. Beban Angin

$$V_{Dz} = 2,5V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

$$= 87.756$$

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{Dz}}{V_B} \right)^2$$

V_{Dz} = 87.76 km/jam

V_B = 90 km/jam

P_B = 0.0024 MPa

P_D = 0.00228 MPa

4.5.3 Beban Gempa

Beban gempa pada kota Pasuruan direncanakan menggunakan periode ulang 1000 tahun atau level gempa 7% dalam 75 tahun (peta gempa 2017) .

a. Penentuan kelas situs

Berdasarkan SNI 2833 2013 tabel 2 N rata-rata < 15 termasuk dalam situs tanah lunak (SE)

Tabel 4. 3 Kelas Situs

Tabel 2 - Kelas situs

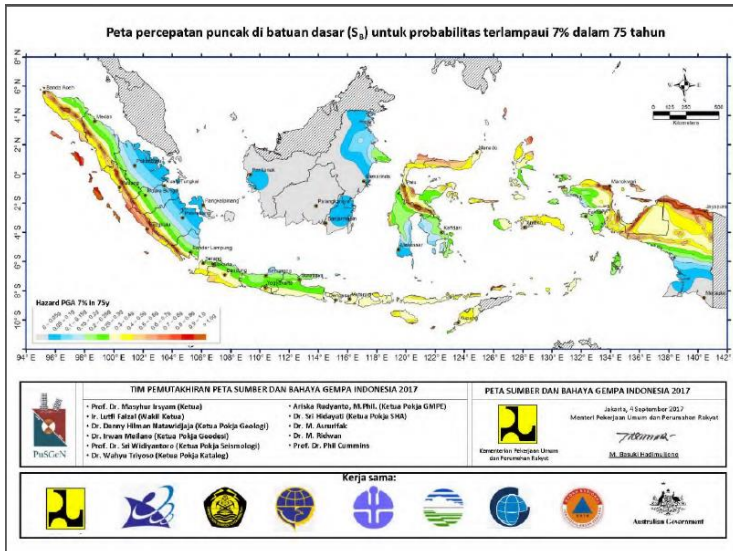
Kelas Situs	\bar{v}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

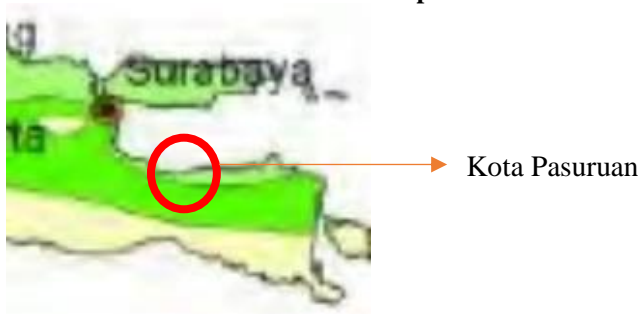
Sumber: SNI 2833 2013 tabel 2

b. Penentuan nilai S_s dan S_1

Nilai S_s dan S_1 dapat ditentukan dengan melihat peta gempa tahun 2017 untuk periode ulang 1000 tahun. Pada peta gempa tahun 2017 Nilai S_s dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. 2 Peta Gempa tahun 2017



Nilai $S_s = 0.51$

Nilai $S_1 = 0.255051$

$PGA = 0.267$

4.5.4 Kombinasi Pembebanan Abutment

Hasil Kombinasi pembebanan jembatan menurut SNI 1725 2016 adalah sebagai berikut.

4.5.4.1 Kombinasi Kuat 1 MS + MA + TD + TB

Tabel 4. 4 Hasil Kombinasi Kuat I

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)	1.8	3224			0	
TB	Beban Rem	1.8		-182.3		-513.8	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		6439	-182.3	0.0	-1401	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.2 Kombinasi Kuat 2 MS + MA + TD + TB

Tabel 4. 5 Kombinasi Kuat 2

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)	1.4	2508			0	
TB	Beban Rem	1.4		-141.8		-399.6	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		5722	-141.8	0.0	-1287	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.3 Kombinasi Kuat 3 MS + MA + EW + BF

Tabel 4. 6 Kombinasi Kuat 3

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)		0			0	
TB	Beban Rem			0		0	
EW	Beban Angin struktur	1.4		63.89			
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		3214	63.9	0.0	-887	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.4 Kombinasi Kuat 4 MS + MA

Tabel 4. 7 Kombinasi Kuat 4

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)		0			0	
TB	Beban Rem			0		0	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		3214	0.0	0.0	-887	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.5 Kombinasi Kuat 5

Tabel 4. 8 Kombinasi Kuat 5

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)		0			0	
TB	Beban Rem			0		0	
EW	Beban Angin struktur	0.4		18.254			
EWL	Beban Angin Kendaraan	1		26.25			
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		3214	44.5	0.0	-887	0.00

*Sumber : Diolah*4.5.4.6 Kombinasi Kuat Ekstrim 1 MS + MA + TD + TB
+ EQ

Tabel 4. 9 Kombinasi Ekstrim 1

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1.3	1356			-887.5	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1.3	1636			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	2	1579			0	
TD	Beban Lajur (D)	0.5	896			0	
TB	Beban Rem	0.5		-50.63		-142.7	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas	1					
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah	1					
Σ	Total		4110	-50.6	0.0	-1030	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.7 Kombinasi Kuat Layan 1 MS + MA

Tabel 4. 10 Kombinasi Layan 1

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1	1043			-682.7	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1	1258			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	1	789			0	
TD	Beban Lajur (D)	1	1791			0	
TB	Beban Rem	1		-101.3		-285.5	
EW	Beban Angin struktur	0.3		13.691			
EWL	Beban Angin Kendaraan	1		26.25			
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		3839	-87.6	0.0	-968	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.8 Kombinasi Kuat Layan 2 MS + MA + TA + TD + TP + TB

Tabel 4. 11 Kombinasi Layan 2

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1	1043			-682.7	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1	1258			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	1	789			0	
TD	Beban Lajur (D)	1.3	2329			0	
TB	Beban Rem	1.3		-131.6		-371.1	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		4376	-131.6	0.0	-1054	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.9 Kombinasi Kuat Layan 3 MS + MA + TD + TB

Tabel 4. 12 Kombinasi Layan 3

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1	1043			-682.7	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1	1258			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	1	789			0	
TD	Beban Lajur (D)	0.8	1433			0	
TB	Beban Rem	0.8		-81		-228.4	
EW	Beban Angin struktur						
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		3481	-81.0	0.0	-911	0.00

Sumber : Diolah

4.5.4.10 Kombinasi Kuat Layan 4 MS + MA + EW

Tabel 4. 13 Kombinasi Layan 4

Beban	Bagian	Faktor Beban	Gaya			Momen	
			V kN	Hx kN	Hy kN	Mx kN.m	My kN.m
MS	Abutmen	1	1043			-682.7	
MS	Reaksi Perletakan Bangunan Atas	1	1258			0	
MA	Beban Mati Tambahan Bang. Atas	1	789			0	
TD	Beban Lajur (D)		0			0	
TB	Beban Rem			0		0	
EW	Beban Angin struktur	0.7		31.945			
EWL	Beban Angin Kendaraan						
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas						
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah						
Σ	Total		2048	31.9	0.0	-683	0.00

Sumber : Diolah

Dari beberapa kombinasi diatas kombinasi yang terbesar adalah kuat 1 maka dari itu dipakai kombinasi kuat 1 untuk pembebanan jembatan.

4.5.5 Kombinasi Pembebanan Pier

Kombinasi untuk pembebanan pier sesuai SNI 1725 2016 di input melalui SAP 2000 dengan hasil kombinasi sebagai berikut :

- Kombinasi kuat 1
- Kombinasi kuat 2

- Kombinasi kuat 3
- Kombinasi kuat 4
- Kombinasi kuat 5
- Kombinasi ekstrim1
- Kombinasi layan 1
- Kombinasi layan 2
- Kombinasi layan 3
- Kombinasi layan 4

4.5.6 Hasil permodelan dari SAP 2000

- Beban yang masuk ke pier

$$\begin{aligned}
 P &= 6719.8 \text{ kN} \\
 V2 &= 7335.123 \text{ kN} \\
 V3 &= 214.305 \text{ kN} \\
 T &= 1390.4653 \text{ kNm} \\
 My &= 363.3564 \text{ kN} \\
 Mz &= -1260.7044 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Beban yang masuk ke pile cap

$$\begin{aligned}
 F1 &= 127.724 \text{ kN} \\
 F2 &= 1029.361 \text{ kN} \\
 F3 &= 14749.132 \text{ kN} \\
 M1 &= 3415.8501 \text{ kNm} \\
 M2 &= 2780.9307 \text{ kNm} \\
 M3 &= 1789.1729 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Beban yang masuk ke tiang tunggal

Untuk mendapatkan beban yang masuk ke tiang tunggal berasal dari beban yang masuk ke pile cap kemudian diolah menggunakan rumus berikut ini.

$$P_{maks} = \frac{Pu}{Np} \pm \frac{My \times x}{ny \times \Sigma y^2} \pm \frac{Mx \times y}{nx \times \Sigma x^2}$$

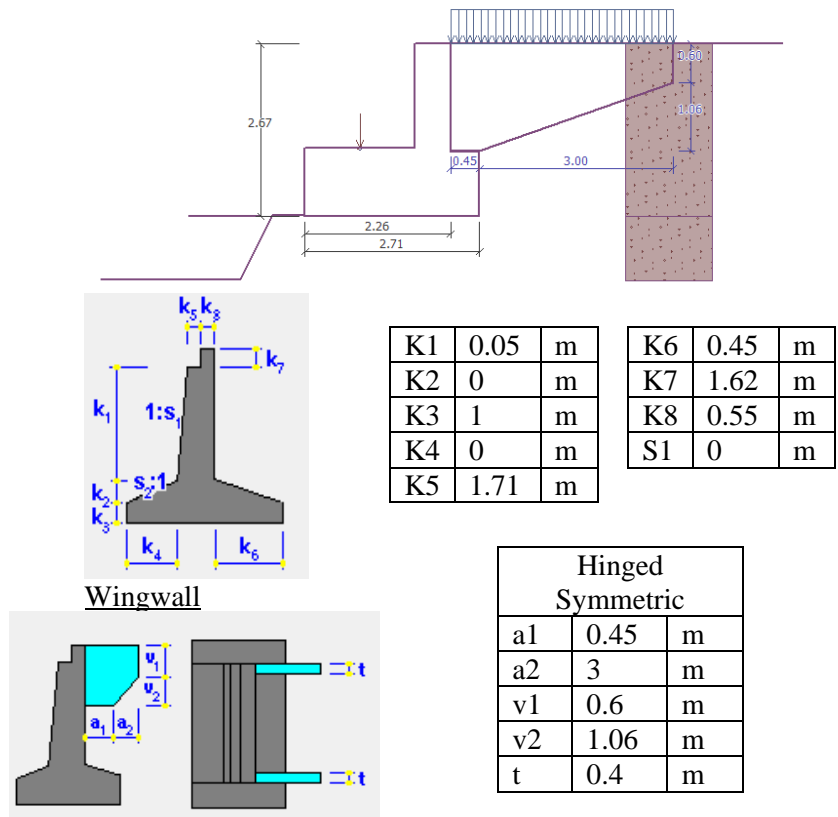
$$P_{maks} = 782.37 \text{ kN}$$

4.6 Data yang Diinput Dalam Permodelan Geo5

4.6.1 Abutment

1. Geometri 1

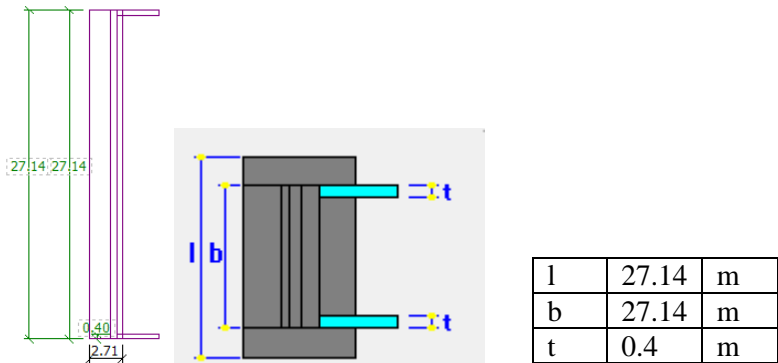
Memasukkan data geometri struktur dinding penahan tanah yang digunakan, yaitu :



Gambar 4. 3 Geometri 1 Abutment

Sumber: Geo5

2. Geometri 2



Gambar 4. 4 Geometri 2 Abutment

Sumber: Geo5

3. Material yang digunakan struktur
 - F_c' = 20 MPa
 - F_y tulangan = 500 MPa
 - Selimut beton = 70 mm
 - Selimut beton pile cap = 100 mm

4. Profil Tanah

Sesuai dengan data tanah BH A2 geometri tanah yang digunakan adalah:

 - Lapisan 1 kedalaman 0 m sampai dengan -2.67 m
 - Lapisan 2 kedalaman -2.67 m sampai dengan -3.67 m
 - Lapisan 3 kedalaman -3.67 m sampai dengan -5.37 m
 - Lapisan 4 kedalaman -5.37 m sampai dengan -5.67 m
 - Lapisan 5 kedalaman -5.67 m sampai dengan -14.67 m
 - Lapisan 6 kedalaman -14.67 m sampai dengan -16.67 m
 - Lapisan 7 kedalaman -16.67 m sampai dengan -23.17 m
 - Lapisan 8 kedalaman -23.17 m sampai dengan -35.17 m
 - Lapisan terakhir kedalaman -35.17 m sampai dengan ∞ m

5. Parameter Tanah

Tabel 4. 14 Input Data Tanah

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	Lempung Berlanau I	<p><i>Unit weight (γ) = 13 kN/m³</i></p> <p><i>Stress-state : effective</i></p> <p><i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i></p> <p><i>Cohesion of soil (C_u) = 12.5 kPa</i></p> <p><i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 0 °</i></p> <p><i>Soil : cohesive</i></p> <p><i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i></p> <p><i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i></p>
2	Lanau Berpasir	<p><i>Unit weight (γ) = 13 kN/m³</i></p> <p><i>Stress-state : effective</i></p> <p><i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i></p> <p><i>Cohesion of soil (C_u) = 12.5 kPa</i></p> <p><i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 0 °</i></p> <p><i>Soil : cohesive</i></p> <p><i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i></p> <p><i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i></p>
3	Lempung Berlanau II	<p><i>Unit weight (γ) = 14.50kN/m³</i></p> <p><i>Stress-state : effective</i></p> <p><i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i></p> <p><i>Cohesion of soil (C_u) = 50 kPa</i></p> <p><i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 0 °</i></p> <p><i>Soil : cohesive</i></p> <p><i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i></p> <p><i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5 kN/m³</i></p>

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
4	Pasir	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 36°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 0.5 kPa</i> <i>Angle of friction struc.-soil (δ) = 0 °</i> <i>Soil : cohesionless</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i>
5	Lanau Berlempung	<i>Unit weight (γ) = 14.5 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Angle of friction struc.-soil (δ) = 0 °</i> <i>Soil : cohesive</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5 kN/m³</i>
6	Timbunan	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 43.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 0.01 kPa</i> <i>Angle of friction struc.-soil (δ) = 0 °</i> <i>Soil : cohesionless</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i>

Sumber : Hasil korelasi data tanah

6. Memasukkan Beban

Beban yang terjadi merupakan pembebanan abutment hasil dari sub bab 4.5.1 dengan memilih kombinasi yang paling besar yaitu kombinasi kuat 1. Input beban sebagai berikut:

Vertical force $F_s = 6439 \text{ kN}$
 Horizontal force $F_v = 182.3 \text{ kN}$
 Location $a_1 = 0.85 \text{ m}$
 Height $v = 0 \text{ m}$

7. Pondasi

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang dengan data sebagai berikut :

Pile foundation : two piles
 Unit Weight (γ) = 25 kN/m^3
 Length (l) = 22 m
 Diameter (d) = 0.5 m

8. Muka Air Tanah

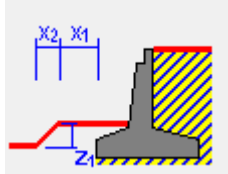
Letak muka air tanah berada di 3m dibawah permukaan tanah asli. Dikarenakan titik 0 berada di struktur atas abutment maka muka air tanah ada dikedalaman 6.67 m terhitung dari struktur atas abutment

9. Surcharge

Beban yang terjadi merupakan beban merata yang berada pada permukaan dan sisi tanah asli. Beban yang dimasukkan sebesar 43.92 kN yaitu hasil perhitungan beban plat injak pada sub bab 4.5.1

10. FF Resistance

Merupakan input tanah passive yang ada di depan struktur abutment dengan data sebagai berikut:



Resistance type : Passive
 Soil : Timbunan
 Angle offriction struc.-soil (δ)= 29°
 Thickness (h) = 0.01m

Gambar 4. 5 Input data FF Resistance

Sumber : Geo5

$$X1 = 0.5 \text{ m} \quad z1 = 1 \text{ m}$$

$$X2 = 0.5 \text{ m}$$

11. Earthquake

Beban gempa hanya dimasukkan ketika menggunakan stage setting seismic

Faktor horizontal (K_h) = 0

Faktor vertikal (K_v) = 0,27

12. Stage Settings

Stage setting yang digunakan ada 2. Yaitu,

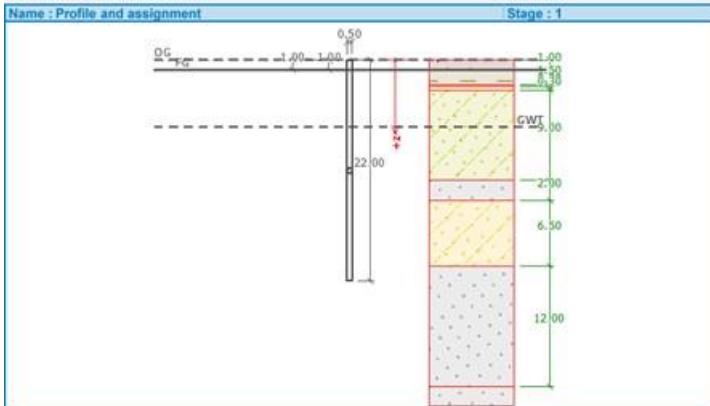
1. Kondisi Permanen

kondisi permanent yang merupakan kondisi umum dilakukan untuk menunjukkan hasil yang aman untuk sebuah struktur.

2. Kondisi Gempa (*seismic*)

Kondisi seismic yang digunakan untuk analisis gaya gempa.

4.6.2 Tiang Tunggal Abutment



Gambar 4. 6 Single Pile untuk Abutment

Sumber: Geo 5

1. Geometri

Berikut data-data yang dimasukkan ke dalam geometri pile:

- Pile diameter (d) : 0.50 m
- Pile length (l) : 22 m
- Thickness (t) : 90 mm

Location :

- Pile head offset (h) : 1 m
- Depth of finished grade (hz) : 3.67 m

Technology : Driven pile

2. Parameter Tanah

	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	Lempung Berlanau	<i>Unit weight (γ) = 13 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i> <i>Oedometric modulus (Eoed) = 6 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 20 °</i> <i>Cohesion of soil (Cu) = 12.5 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.96</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
2	Lanau Berpasir	<i>Unit weight (γ) = 13 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (Eoed) = 10 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (Cu) = 12.5 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.96</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
3	Lempung Berlanau	<i>Unit weight (γ) = 13 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i>

	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<p><i>Oedometric modulus (Eoed) = 6 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 20 °</i> <i>Cohesion of soil (Cu) = 50 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.75</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i></p>
4	Pasir	<p><i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (Eoed) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i></p>
5	Lanau Berlempung	<p><i>Unit weight (γ) = 14.5 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (Eoed) = 9 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 20 °</i> <i>Cohesion of soil (Cu) = 200 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.33</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i></p>
6	Timbunan	<p><i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (Eoed) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 35 k kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i></p>

	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i>

Sumber : Hasil korelasi

3. Beban

Beban yang masuk ke tiang tunggal berasal dari beban yang masuk ke pile group , dapat di liat di sub bab 4.6.3 yang kemudan diolah menggunakan rumus

$$P_{maks} = \frac{Pu}{Np} \pm \frac{My \times x}{ny \times \Sigma y^2} \pm \frac{Mx \times y}{nx \times \Sigma x^2}$$

$$P_{maks} = 324.75 \text{ kN}$$

Tabel 4. 15 Beban yang masuk ke tiang tunggal

Load			
Vertical force	N =	324.75	kN
Bending moment	Mx =	0.00	kNm
	My =	0.00	kNm
Horizontal force	Hx =	0.00	kN
	Hy =	0.00	kN

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Material

$$F_c' = 52 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan} = 500 \text{ MPa}$$

5. Muka Air Tanah

Letak muka air tanah berada di 3m dibawah permukaan tanah asli. Dikarenakan titik 0 berada di struktur atas abutment maka muka air tanah ada dikedalaman 6.67 m

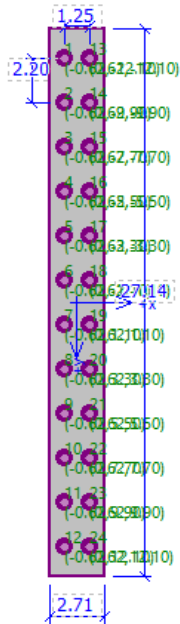
6. Stage Setting

Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :

1. Kondisi Permanen
2. Kondisi Gempa

4.6.3 Pile Group Abutment

1. Struktur



Gambar 4. 7 Permodelan *Pile Group Abutment*2

$$b_x = 2.71 \text{ m} \quad s_x = 1.25 \text{ m}$$

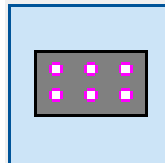
$$b_y = 27.14 \text{ m} \quad s_y = 2.2 \text{ m}$$

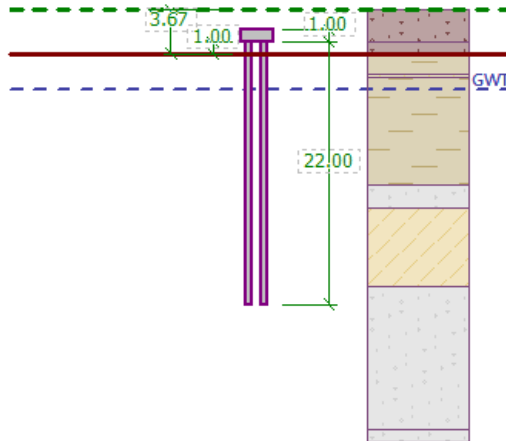
$$n_x = 2$$

$$n_y = 12$$

$$d = 0.5 \text{ m}$$

2. Geometri





Gambar 4. 8 Geometri Pile Group

Sumber : Geo5

Depth from ground surface (hz)	= 3.67 m
Pile head offset (h)	= 1 m
Thickness pile cap (t)	= 1 m
Length of piles (l)	= 22 m

3. Material

F_c'	= 52 MPa
F_y tulangan	= 500 MPa

4. Parameter Tanah

Input data tanah dari hasil korelasi sub bab 4.2.1

Lempung Berlanau I

Unit weight : γ	= 13.00 kN/m ³
Oedometric modulus : E_{oed}	= 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat}	= 16.00 kN/m ³
Cohesion of soil : c_u	= 12.50 kPa
Adhesion factor : α	= 0.96
Coefficient of lateral stress : K	= 1.00

Lanau Berpasir

Unit weight : γ	= 13.00	kN/m ³
------------------------	---------	-------------------

Oedometric modulus : $E_{oed} = 10.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 16.00 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 12.50 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.96$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lempung Berlanau II

Unit weight : $\gamma = 14.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 6.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 17.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 50.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.75$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lanau Berlempung

Unit weight : $\gamma = 14.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 9.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 17.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 200.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.33$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Timbunan

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 29.00^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

5. Load

Beban yang masuk ke pile group secara otomatis terinput otomatis dari Geo5 karena program Geo 5 abutment dan *pile group* saling tersambung. Beban yang ter input sebagai berikut:

No.	Load		Load name	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _z [kNm]	Design
	new	change								
▶ 1	Yes		LC 1	7791.92	0.00	2049.11	-355.18	0.00	0.00	✓
2	Yes		LC 2	7791.92	0.00	2049.11	-355.18	0.00	0.00	

Gambar 4. 9 Beban yang masuk ke *pile group*

Sumber : Geo5

6. Muka Air Tanah

Letak muka air tanah berada di 3m dibawah permukaan tanah asli. Dikarenakan titik 0 berada di struktur atas abutment maka muka air tanah ada dikedalaman 6.67 m

7. Stage setting

Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :

1. Kondisi Permanen.
2. Kondisi Gempa (*seismic*)

4.6.4 Stability Abutment

1. Anti slide piles

Sebelum menganalisis stabilitas global pada Geo5 harus memasukkan kapasitas tiang tunggal terlebih dahulu jika memodelkan struktur abutment dengan menggunakan tiang. Untuk mendapatkan hasil kapasitas tiang tunggal dapat dilihat pada sub bab 4.6.2

2. Stage setting

Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :

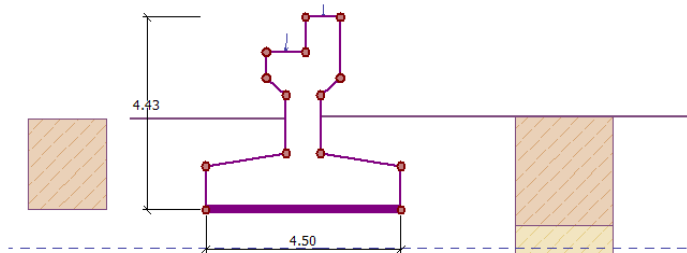
- Kondisi permanen
- Kondisi gempa

3. Analysis

Analysis adalah outputan dari stabilitas global permodelan. Terdapat beberapa metode analisis diantaranya terdapat metode Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price. Untuk permodelan abutment hanya bias menggunakan metode bishop dan fellenius/petterson.

4.6.5 Pier

1. Geometri



Gambar 4. 10 Geometri Pier 2

Sumber: Geo5

2. Material

F_c' = 30 MPa

F_y tulangan = 500 MPa

3. Profil Tanah

Sesuai dengan data tanah BH P2 geometri tanah yang digunakan adalah:

Lapisan 1 kedalaman 0 m sampai dengan -2.5 m

Lapisan 2 kedalaman -2.5 m sampai dengan -5.5 m

Lapisan 3 kedalaman -5.5 m sampai dengan -11 m

Lapisan 4 kedalaman -11 m sampai dengan -12.5 m

Lapisan 5 kedalaman -12.5 m sampai dengan -15 m

Lapisan 6 kedalaman -15 m sampai dengan -19.5 m

Lapisan 7 kedalaman -19.5 m sampai dengan -21 m

Lapisan 8 kedalaman -21 m sampai dengan -23 m

Lapisan 9 kedalaman -23 m sampai dengan -25.5 m

Lapisan 10 kedalaman -25.5 m sampai dengan -26.8 m

Lapisan 11 kedalaman -26.8 m sampai dengan -28 m

Lapisan 12 kedalaman -28 m sampai dengan -35.17 m
 Lapisan terakhir kedalaman -33.5m sampai dengan ∞ m

4. Parameter Tanah

Tabel 4. 16 Input Data Tanah

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	Lanau Berlempung I	<i>Unit weight (γ) = 12 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 12.5 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 17 °</i> <i>Soil : cohesive</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 15 kN/m³</i>
2	Lanau Berpasir I	<i>Unit weight (γ) = 12 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 25 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 25.5 °</i> <i>Soil : cohesive</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 15 kN/m³</i>
3	Lempung Berlanau I	<i>Unit weight (γ) = 14.5 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 50 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ) = 0 °</i> <i>Soil : cohesive</i>

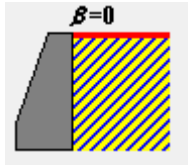
No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5kN/m³</i>
4	Lanau Berpasir II	<i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef})= 28.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ)= 0 °</i> <i>Soil : cohesive</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</i>
5	Pasir I	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef})= 36°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 0.5 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ)= 0 °</i> <i>Soil : cohesionless</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i>
6	Pasir Berlanau I	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef})= 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Angle offriction struc.-soil (δ)= 0 °</i> <i>Soil : cohesionless</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i>
7	Lanau Berlempung II	<i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i>

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<p>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5° Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa Angle of friction struc.-soil (δ) = 0° Soil : cohesive Poisson ratio (ν) = 0.30 Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</p>
8	Pasir Berkerikil	<p>Unit weight (γ) = 17 kN/m³ Stress-state : effective Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 36° Cohesion of soil (C_u) = 0.01 kPa Angle of friction struc.-soil (δ) = 0° Soil : cohesionless Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</p>
9	Pasir Berlanau II	<p>Unit weight (γ) = 17 kN/m³ Stress-state : effective Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 28.5° Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa Angle of friction struc.-soil (δ) = 0° Soil : cohesionless Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</p>
10	Lanau Berpasir II	<p>Unit weight (γ) = 14.50 kN/m³ Stress-state : effective Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5° Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa Angle of friction struc.-soil (δ) = 0° Soil : cohesive Poisson ratio (ν) = 0.30</p>

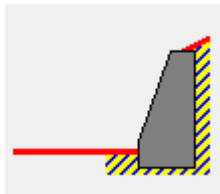
No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 16 kN/m³</i>
11	Lanau Berlempung III	<i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 25.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Angle of friction struc.-soil (δ) = 0°</i> <i>Soil : cohesive</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</i>
12	Pasir Berlanau III	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Stress-state : effective</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 28.5°</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Angle of friction struc.-soil (δ) = 0°</i> <i>Soil : cohesionless</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i>

Sumber: Geo5

5. Pondasi
Pile foundation : three piles
Unit Weight (γ) = 25 kN/m³
Length (l) = 20 m
Diameter (d) = 0.5 m
6. Terrain



- Untuk menurunkan muka tanah asli sehingga disesuaikan dengan keadaan eksisting, yaitu
 Depth of terrain below the top of wall: $h = 2.3 \text{ m}$
7. Muka Air Tanah
 Letak muka air tanah berada di 3m dibawah permukaan tanah asli.
 8. FF Resistance
 Merupakan input tanah passive yang ada di depan struktur abutment dengan data sebagai berikut:



Resistance type : Passive
Soil : Lanau Berlempung
Angle offriction struc.-soil (δ) = 17°
Thickness (h) = 2.1 m

Gambar 4. 11 Input data FF Resistance

Sumber : Geo5

9. *Applied forces*
 Untuk input beban struktur atas yang terjadi pada struktur pier. Beban yang dimasukkan dengan kombinasi kuat I sebesar :
 Span kiri 35m : $F_z : 9868.00 \text{ kN/m}$
 $F_x : 376.65 \text{ kN/m}$
 Span kanan 16m : $F_z : 6439.00 \text{ kN/m}$
 $F_x : 0 \text{ kN/m}$
 Sesuai hasil perhitungan pembebanan pier pada sub bab 4.5.2

No.	Force new edit	Name	Type	Action	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	M [kNm/m]	q_1 [kN/m ²]	q_2 [kN/m ²]	Applic. point		Length l [m]
										x [m]	z [m]	
1	Yes	Span kiri 35m	line	permanent	-376.65	9868.00	0.00			-0.80	-1.50	
2	Yes	Span kanan 16m	line	permanent	0.00	6439.00	0.00			0.05	-2.30	

Gambar 5. 1 Input beban Pier

Sumber: Perhitungan

10. Earthquake

Beban gempa hanya dimasukkan ketika menggunakan stage setting seismic

Faktor horizontal (K_h) = 0

Faktor vertikal (K_v) = 0,27

11. Stage Settings

Stage setting yang digunakan ada 2. Yaitu,

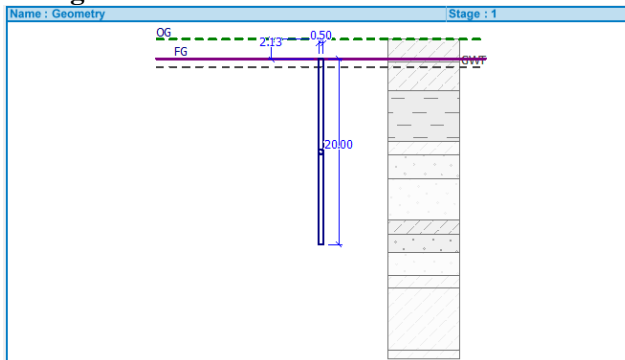
1. Kondisi Permanen

kondisi permanent yang merupakan kondisi umum dilakukan untuk menunjukkan hasil yang aman untuk sebuah struktur.

2. Kondisi Gempa (*seismic*)

Kondisi seismic yang digunakan untuk analisis gaya gempa.

4.6.6 Single Pile Pier



Gambar 4. 12 Single Pile untuk Pier

Sumber: Geo 5

1. Geometri

Berikut data-data yang dimasukkan ke dalam geometri pile:

- Pile diameter (d) : 0.50 m
- Pile length (l) : 20 m
- Thickness (t) : 90 mm

Location :

- Pile head offset (h) : 1 m
 - Depth of finished grade (hz) : 2.13 m
- Technology : Driven pile

2. Parameter Tanah

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	Lanau Berlempung	<i>Unit weight (γ) = 12 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 9 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 15 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 12.5 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.96</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
2	Lanau Berpasir	<i>Unit weight (γ) = 12 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 10 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 15 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 25 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.96</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
3	Lempung Berlanau	<i>Unit weight (γ) = 14.5 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.10</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 6 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 20 °</i>

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<p><i>Cohesion of soil (C_u) = 50 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.75</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i></p>
4	Lanau Berpasir	<p><i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 10 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.48</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i></p>
5	Pasir	<p><i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i></p>
6	Pasir Berlanau	<p><i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i></p>
7		<p><i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i></p>

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
	Lanau Berlempung	<i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 9 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.33</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
8	Pasir Berkerikil	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i>
9	Lanau Berpasir	<i>Unit weight (γ) = 14.5 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 10 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 17.5 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.75</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
10	Lanau Berlempung	<i>Unit weight (γ) = 19.5 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.30</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 9 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 22.5 kN/m³</i>

No	Jenis Tanah	Parameter Tanah
		<i>Angle of dispersion (β) = 25 °</i> <i>Cohesion of soil (C_u) = 200 kPa</i> <i>Adhesion factor (α) = 0.33</i> <i>Coefficient of lateral stress (k) = 1</i>
11	Pasir Berlanau	<i>Unit weight (γ) = 17 kN/m³</i> <i>Poisson ratio (ν) = 0.40</i> <i>Oedometric modulus (E_{oed}) = 130 Mpa</i> <i>Saturated unit weight (γ_{sat}) = 20 kN/m³</i> <i>Angle of dispersion (β) = 35 °</i> <i>Angle of internal friction (ϕ_{ef}) = 35 °</i>

Sumber : Hasil korelasi

3. Beban

Hasil output beban dari struktur atas melalui permodelan dengan software SAP2000 didapatkan data beban gaya aksial (P), momen arah x (Mx), momen arah y (My), gaya horizontal arah x (Hx), dan gaya Horizontal arah y (Hy)

Tabel 4. 17 Beban yang masuk ke tiang tunggal

Load			
Vertical force	N =	319173.86	kN
Bending moment	Mx =	0.00	kNm
	My =	153309.15	kNm
Horizontal force	Hx =	-2244.12	kN
	Hy =	0.00	kN

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Material

F_c' = 52 MPa
 F_y tulangan = 500 MPa

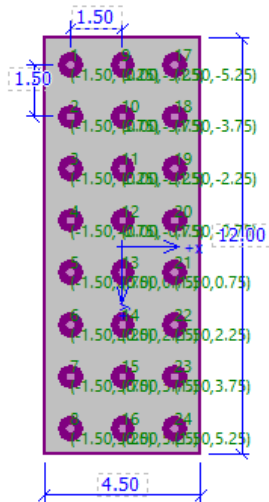
5. Stage Setting

Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :

1. Kondisi Permanen
2. Kondisi Gempa

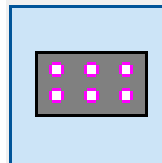
4.6.7 Pile Group Pier

1. Struktur

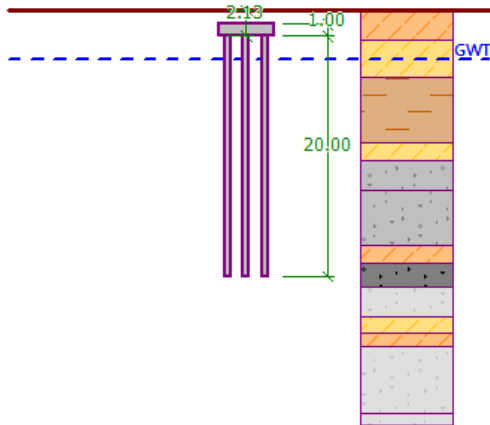


Gambar 4.13 Permodelan *Pile Group Pier 2*

$b_x = 4.51 \text{ m}$ $s_x = 1.5 \text{ m}$
 $b_y = 12 \text{ m}$ $s_y = 1.5 \text{ m}$
 $n_x = 3$
 $n_y = 8$
 $d = 0.5 \text{ m}$



2. Geometri



Gambar 4. 14 Geometri Pile Group

Sumber : Geo5

Depth from ground surface (hz)	= 0 m
Pile head offset (h)	= -2.13 m
Thickness pile cap (t)	= 1 m
Length of piles (l)	= 20 m

3. Material

F_c'	= 52 MPa
F_y tulangan	= 500 MPa

4. Parameter Tanah

Input data tanah dari hasil korelasi sub bab 4.2.1

Lanau Berlempung I

Unit weight : γ	= 12.00 kN/m ³
Oedometric modulus : E_{oed}	= 9.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat}	= 15.00 kN/m ³
Cohesion of soil : c_u	= 12.50 kPa
Adhesion factor : α	= 0.96
Coefficient of lateral stress : K	= 1.00

Lanau Berpasir I

Unit weight : γ	= 12.00 kN/m ³
------------------------	---------------------------

Oedometric modulus : $E_{oed} = 10.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.00 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 25.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.96$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lempung Berlanau I

Unit weight : $\gamma = 14.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 6.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 17.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 50.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.75$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lanau berpasir II

Unit weight : $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 10.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 22.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 200.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.48$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir I

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir berlanau I

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lanau Berlempung II

Unit weight : $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 9.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 200.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.33$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir berkerikil

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir berlanau II

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lanau Berpasir II

Unit weight : $\gamma = 14.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 10.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 17.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 200.00 \text{ kPa}$
 Adhesion factor : $\alpha = 0.75$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Lanau Berlempung III

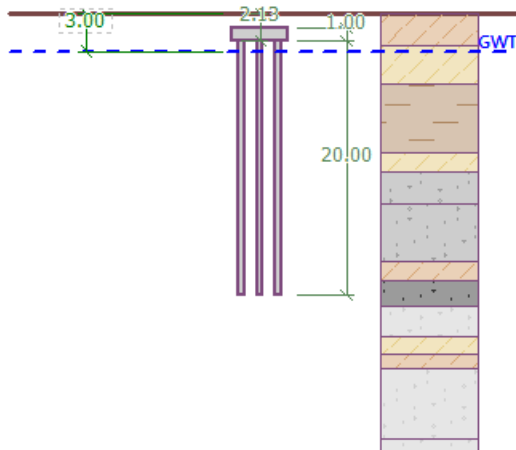
Unit weight : $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 9.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 22.50 \text{ kN/m}^3$
 Cohesion of soil : $c_u = 200.00 \text{ kPa}$

Adhesion factor : $\alpha = 0.33$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

Pasir berlanau III

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Oedometric modulus : $E_{oed} = 130.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$
 Pile skin friction : $\delta = 26.25^\circ$
 Coefficient of lateral stress : $K = 1.00$

5. Muka Air Tanah



Letak muka air tanah berada di 3m dibawah permukaan tanah asli.

6. Stage setting
 Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :
1. Kondisi Permanen
 2. Kondisi Gempa (*seismic*).

4.6.8 Stability Pier

1. Anti slide piles

Sebelum menganalisis stabilitas global pada Geo5 harus memasukkan kapasitas tiang tunggal terlebih dahulu jika memodelkan struktur abutment dengan menggunakan tiang. Untuk mendapatkan hasil kapasitas tiang tunggal dapat dilihat pada sub bab 4.6.2

2. Stage setting

Permodelan dimodelkan dalam dua kondisi yaitu :

- Kondisi permanen
- Kondisi gempa

3. Analysis

Analysis adalah outputan dari stabilitas global permodelan. Terdapat beberapa metode analisis diantaranya terdapat metode Bishop , Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price. Untuk permodelan pier hanya bisa menggunakan metode bishop dan fellenius/petterson.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

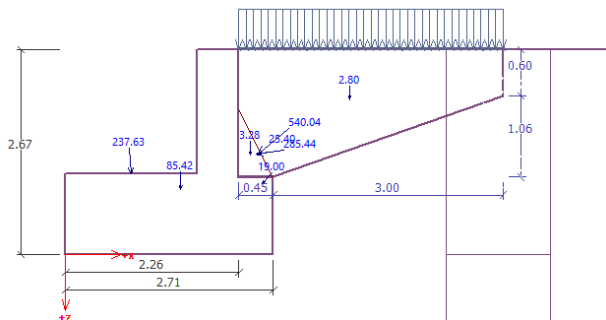
5.1 Hasil Dari Permodelan Abutment Menggunakan Geo5

5.1.1 Hasil Permodelan Struktur Abutment 2

A) Verification

Verification dalam Geo5 untuk menampilkan hasil dari *overturning* (keadaan saat terjadi guling) dengan syarat stabilitas pada Geo5 terhadap guling pada saat kondisi *permanent safety factor* > 1.5 dan pada saat kondisi *seismic safety factor* > 1 . Sedangkan untuk *slip* (keadaan saat terjadi pergeseran) dengan syarat stabilitas terhadap guling pada saat kondisi *permanent safety factor* > 1.5 dan pada saat kondisi *seismic safety factor* > 1 .

Pada keadaan eksisting struktur abutment menggunakan pondasi *spun pile* namun pada saat memodelkan abutment dengan menggunakan pile, Geo5 tidak akan menghasilkan data *safety factor* untuk *overturning* dan *slip* nilai dari *overturning* dan *slip*, maka dari itu untuk mengetahui nilai *safety factor* stabilitas terhadap guling dan geser maka abutment dimodelkan tanpa menggunakan *pile*. Berikut adalah hasil dari permodelan tanpa menggunakan *pile* :



Gambar 5. 2 Hasil *Overturning* dan *Slip* Tanpa *Pile* Permanen

Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 1394.61 \text{ kNm/m}$

Overtuning moment $M_{ovr} = 927.50 \text{ kNm/m}$

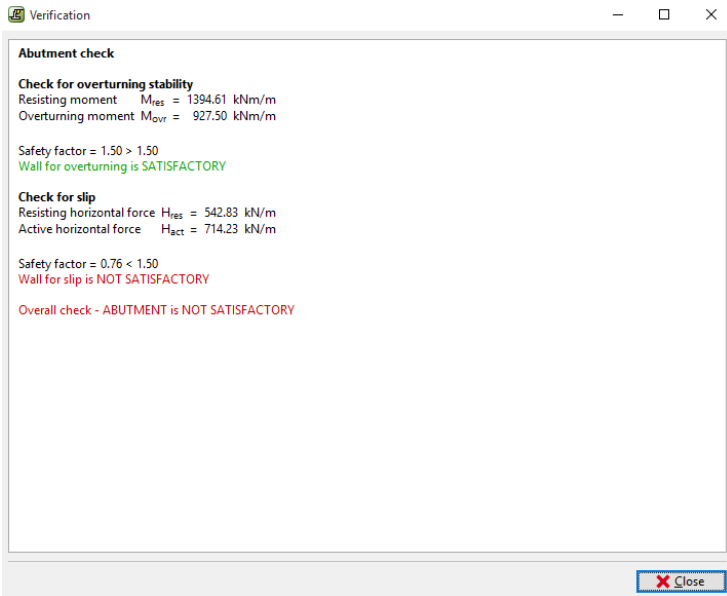
Safety factor = $1.50 > 1.50$ (**Memenuhi Syarat**)

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 542.83 \text{ kN/m}$

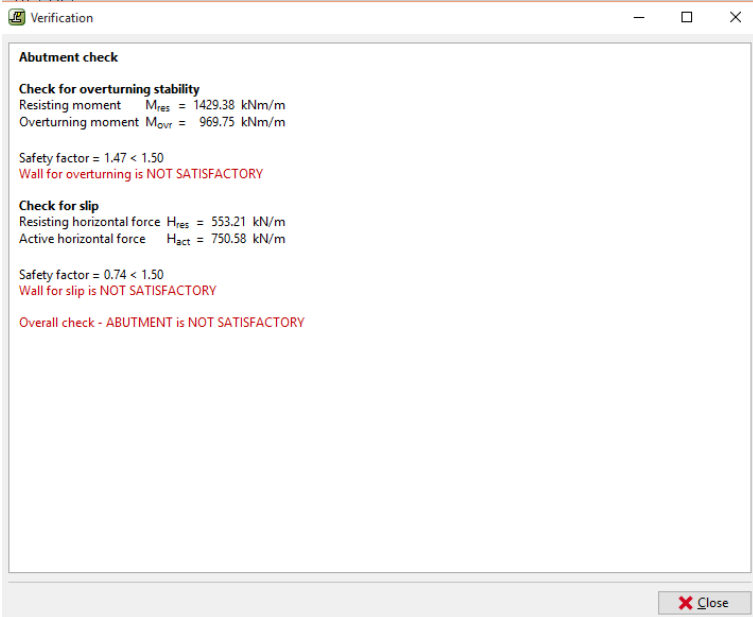
Active horizontal force $H_{act} = 714.23 \text{ kN/m}$

Safety factor = $0.76 < 1.50$ (**Tidak Memenuhi Syarat**)



Gambar 5. 3 Hasil Overtuning dan Slip kondisi permanen dari Geo5

Sumber : Geo5



Gambar 5.5 Hasil Overtuning dan Slip kondisi seismic dari Geo5

Sumber : Geo5

Dengan demikian hasil guling pada abutment memenuhi syarat pada Geo5 namun persyaratan pada SNI-8460-2017 belum memenuhi syarat sebagai berikut :

Guling SF = $1.47 > 2$ (**Tidak Memenuhi Syarat**)

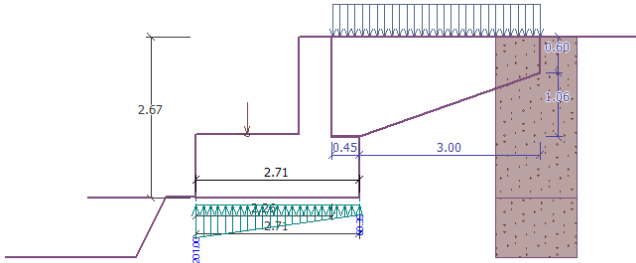
Geser SF = $0.74 < 1.50$ (**Tidak Memenuhi Syarat**)

Dapat dilihat dari Gambar 5.3 dan 5.5 diatas, dikarenakan tidak memenuhi syarat menurut persyaratan Geo5 dan syarat SNI tidak memenuhi syarat sehingga dapat disimpulkan bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever ini harus menggunakan tiang pancang sebagai pondasi.

B) Bearing Capacity

Bearing capacity dalam Geo5 untuk mengetahui daya dukung. Dikarenakan permodelan sebelumnya dimodelkan tanpa menggunakan pile. **Untuk permodelan abutment dan**

Pile Group dipisah. Berikut adalah hasil dari *bearing capacity* abutment tanpa menggunakan *pile*:



Gambar 5. 6 Hasil Bearing Capacity
Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

Bearing cap. [Close]

Design load acting at the center of footing bottom					
No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	86.06	354.18	16.14	0.090	159.25

Service load acting at the center of footing bottom			
No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	86.06	354.18	16.14

Verification of foundation soil
Stress in the footing bottom : trapezoid

Eccentricity verification
Max. eccentricity of normal force $e = 0.090$
Maximum allowable eccentricity $e_{allow} = 0.333$
Eccentricity of the normal force is **SATISFACTORY**

Verification of bearing capacity
Max. stress at footing bottom $\sigma = 201.00$ kPa
Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa
Safety factor = $0.00 < 1.50$
Bearing capacity of foundation soil is **NOT SATISFACTORY**

Overall verification - bearing capacity of found. soil is **NOT SATISFACTORY**

[Close]

Gambar 5. 7 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Permanen
Sumber : Geo5

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 201.00$ kPa

Bearing capacity of foundation soil (R_d) = 0.00 kPa

Safety factor = 0.00 < 1.50 (Tidak Memenuhi)

Kondisi Seismic

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	104.98	370.15	50.92	0.105	172.75

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	104.98	370.15	50.92

Verification of foundation soil
Stress in the footing bottom : trapezoid

Eccentricity verification
Max. eccentricity of normal force $e = 0.105$
Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$
Eccentricity of the normal force is **SATISFACTORY**

Verification of bearing capacity
Max. stress at footing bottom $\sigma = 222.36$ kPa
Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa
Safety factor = 0.00 < 1.00
Bearing capacity of foundation soil is **NOT SATISFACTORY**

Overall verification - bearing capacity of found. soil is **NOT SATISFACTORY**

Gambar 5. 8 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Seismic

Sumber : Geo5

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 222.36$ kPa

Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa

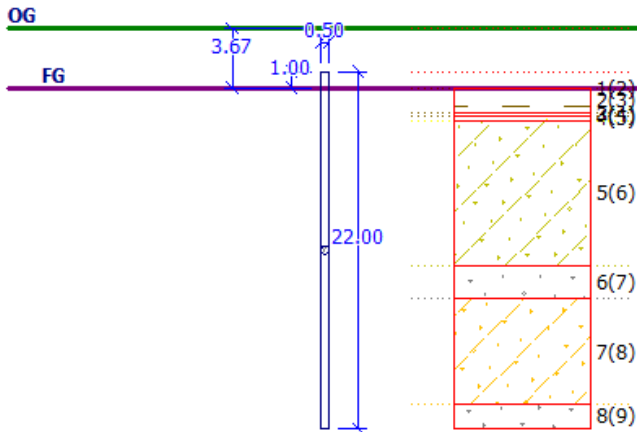
Safety factor = 0.00 < 1.00 (**Tidak Memenuhi**)

Dikarenakan pada permodelan struktur abutment dimodelkan menggunakan *foundation soil* (tanah pondasi) menghasilkan *safety factor* yang **tidak memenuhi syarat** yaitu pada keadaan permanen $sf < 1.5$ dan keadaan *seismic* $sf < 1$. Maka dari itu struktur abutment dimodelkan dengan

menggunakan tiang pancang sebagai pondasi. Untuk hasil permodelan pile group dapat dilihat pada sub bab 5.1.3

5.1.2 Hasil Permodelan Tiang Tunggal Pada Abutment2

Untuk safety factor kapasitas *pile group* dalam kondisi permanen adalah $sf > 1.5$ sedangkan untuk keadaan seismik adalah $sf > 1$. Berikut adalah hasil dari permodelan tiang tunggal.



Gambar 5. 9 Hasil Permodelan Tiang Tunggal

Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2

Analysis carried out for the load case number2. (BEBAN)

Factor determining critical depth $kdc = 1.00$

Verification of compressive pile:

Pile skin bearing capacity $R_s = 1259.34\text{kN}$

Pile base bearing capacity $R_b = 1808.87\text{kN}$

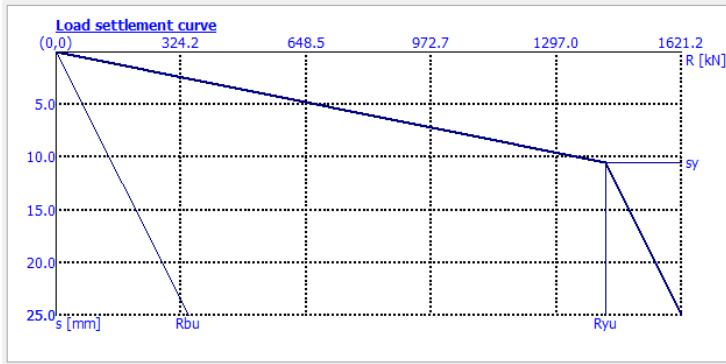
Pile bearing capacity $R_c = 3068.21\text{kN}$

Ultimate vertical force $V_d = 329.04 \text{ kN}$

Safety factor = 9.32 > 2.00 (OK)

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement* Tiang Tunggal



Gambar 5. 10 Settlement Tiang Tunggal Abutment Permanent

Sumber : Geo5

Analysis of load settlement curve - results

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 1424.06$ kN

The settlement for the force R_{yu} $s_y = 10.5$ mm

Total resistance $R_c = 1621.23$ kN

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0$ mm

The settlement for maximum service load $V = 324.75$ kN is 2.4mm.

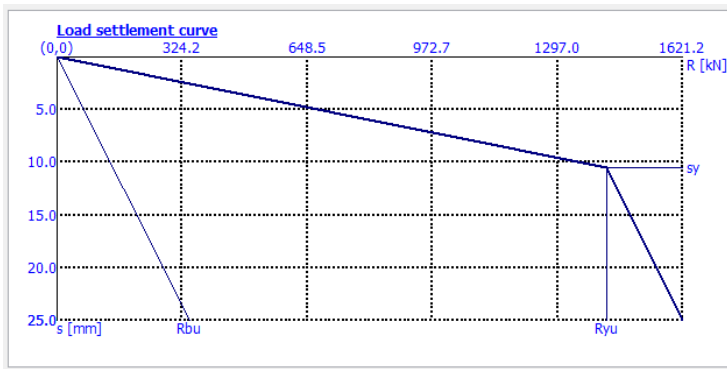
The settlement for maximum service load $V = 324.75$ kN is **2.4 mm**.

Pile bearing capacity $R_c = 3068.21 \text{ kN}$
 Ultimate vertical force $V_d = 329.04 \text{ kN}$

Safety factor = $9.32 > 1.00$ (OK)

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement* Tiang Tunggal



Gambar 5. 12 *Settlement* Tiang Tunggal Abutment Seismic

Sumber : Geo5

Analysis of load settlement curve - results

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 1424.06 \text{ kN}$

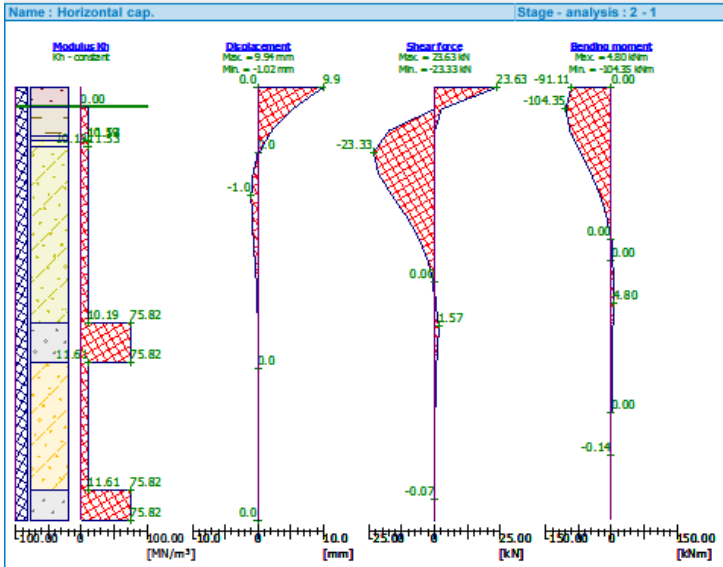
The settlement for the force R_{yu} $s_y = 10.5 \text{ mm}$

Total resistance $R_c = 1621.23 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 324.75 \text{ kN}$ is 2.4 mm .

The settlement for maximum service load $V = 324.75 \text{ kN}$ is **2.4 mm**.



Gambar 5. 13 Hasil Permodelan Permanent

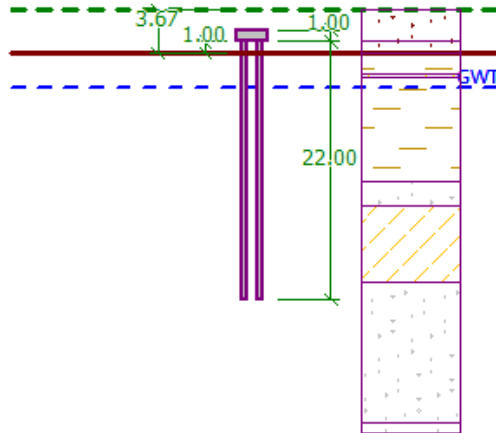
Sumber : Geo5

Maximum internal force and deformation :

Max. pile displacement = 9.9 mm
 Max. shear force = 23.63 kN
 Maximum moment = 104.35 kNm

5.1.3 Hasil Permodelan Pile Group Pada Abutment2

Untuk safety factor kapasitas *pile group* dalam kondisi permanen adalah $sf > 1.5$ sedangkan untuk keadaan seismic adalah $sf > 1$. Berikut adalah hasil dari permodelan *pile group*



Gambar 5. 14_Hasil Permodelan Pile Group

Sumber : Geo5

Keadaan Permanen

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity $R_s=1259.34$ kN

Pile base bearing capacity $R_b=1085.32$ kN

Vertical bearing capacity of single pile $R_c =2344.66$ kN

Efficiency of pile group $\eta_g = 0.75$

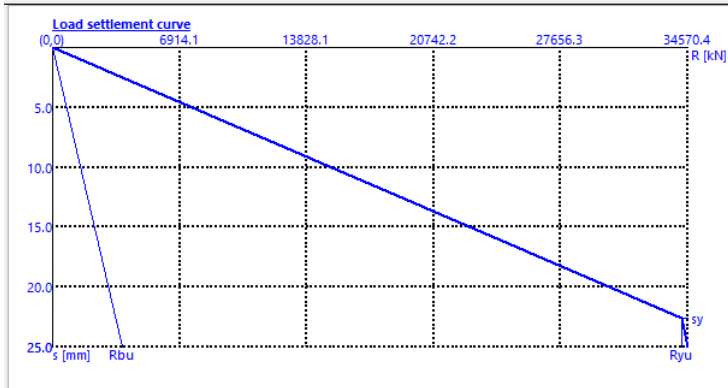
Vertical bearing capacity of pile group $R_g= 41953.96$ kN

Maximum vertical force $V_d=9630.66$ kN

Safety factor = $4.36 > 2.00$ (OK)

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

Untuk Settlement Pile Group



Gambar 5. 15 Hasil Settlement Pier Permanent

Sumber : Geo5

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor $g_f = 2.33$

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 34221.87 \text{ kN}$

The settlement for the force R_{yu} $s_y = 22.6 \text{ mm}$

Total resistance $R_c = 34570.35 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 7791.92 \text{ kN}$ is **5.2 mm**.

Keadaan Seismic

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity $R_s = 1259.34 \text{ kN}$

Pile base bearing capacity $R_b = 1085.32 \text{ kN}$

Vertical bearing capacity of single pile $R_c = 2344.66 \text{ kN}$

Efficiency of pile group $\eta_g = 0.75$

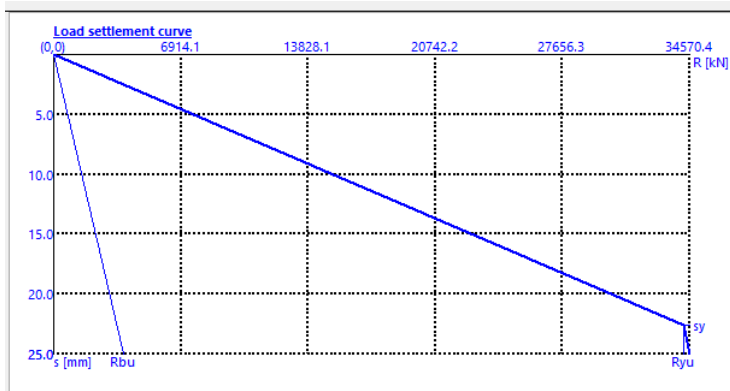
Vertical bearing capacity of pile group $R_g = 41953.96 \text{ kN}$

Maximum vertical force $V_d = 9630.66 \text{ kN}$

Safety factor = $4.36 > 1.00$ (OK)

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement Pile Group*



Gambar 5. 16 Hasil Settlement Pier Seismic

Sumber : Geo5

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor $g_f = 2.33$

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 34221.87 \text{ kN}$

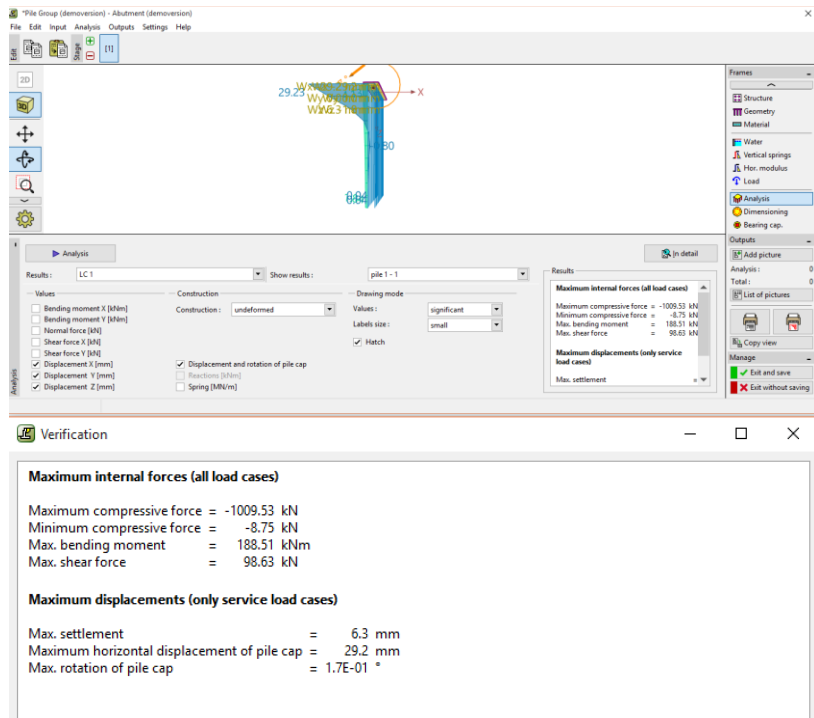
The settlement for the force R_{yu} $s_y = 22.6 \text{ mm}$

Total resistance $R_c = 34570.35 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 7791.92 \text{ kN}$ is **5.2 mm**.

Untuk Defleksi Pada Pile Group



Tabel 5. 1 Hasil Defleksi

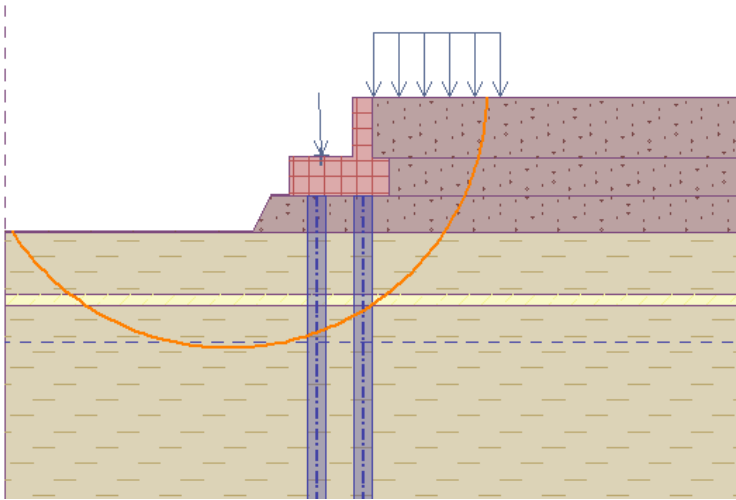
Sumber: Geo5

Maksimum *displacement* pada Pile Group adalah **29.2 mm**

5.1.4 Hasil Stability Abutment

Stability menghitung stabilitas global pada abutment dengan dua kondisi yaitu kondisi *permanent* dengan syarat *safety factor* > 1.5 dan *seismic* dengan syarat *safety factor* > 1 . Untuk analisis stabilitas global menggunakan metode bishop. Berikut hasil dari stabilitas global :

a. *Permanent*



Gambar 5. 17 Hasil Stability Abutment Permanent

Sumber : Geo5

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 374.14 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 4919.14 \text{ kN/m}$

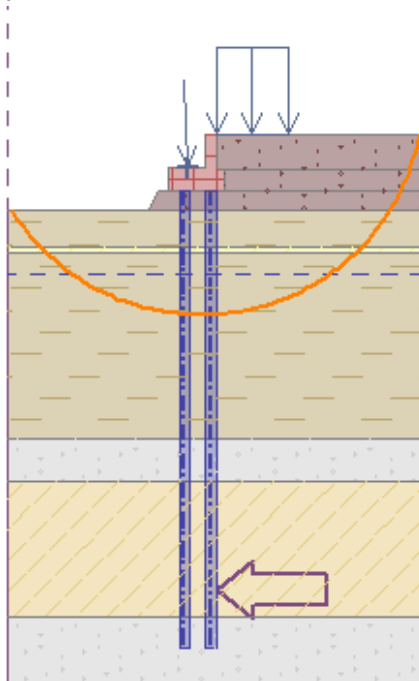
Sliding moment : $M_a = 2630.18 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 34581.53 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $13.15 > 1.50$ (OK)

Slope stability **ACCEPTABLE**

b. Seismic



Gambar 5. 18 Hasil Stability Abutment Seismic

Sumber : Geo5

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 577.35 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 5490.23 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 6195.01 \text{ kNm/m}$

Resisting moment : $M_p = 58910.17 \text{ kNm/m}$

Factor of safety = $9.51 > 1.00$ (OK)

Slope stability **ACCEPTABLE**

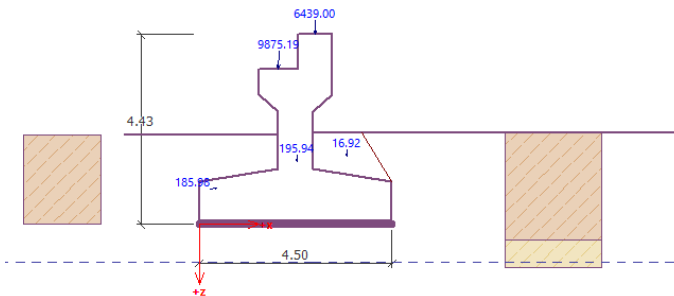
5.2 Hasil dari permodelan Pier menggunakan Geo5

5.2.1 Hasil Permodelan Struktur Pier 2 Pada pada Geo5

A) Verification

Verification dalam Geo5 untuk menampilkan hasil dari *overturning* (keadaan saat terjadi guling) dengan syarat stabilitas terhadap guling pada saat kondisi *permanent safety factor* > 1.5 dan pada saat kondisi *seismic safety factor* > 1 . Sedangkan untuk *slip* (keadaan saat terjadi pergeseran) dengan syarat stabilitas terhadap guling pada saat kondisi *permanent safety factor* > 1.5 dan pada saat kondisi *seismic safety factor* > 1 .

Pada keadaan eksisiting struktur pier menggunakan pondasi *spun pile* namun pada saat memodelkan abutment dengan menggunakan pile, Geo5 tidak akan menghasilkan data *safety factor* untuk *overturning* dan *slip* nilai dari *overturning* dan *slip*, maka dari itu untuk mengetahui nilai *safety factor* stabilitas terhadap guling dan geser maka pier dimodelkan tanpa menggunakan *pile*. Berikut adalah hasil dari permodelan tanpa menggunakan pile :



Gambar 5. 19 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Permanen

Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

Check for slip

Resisting horizontal force Hres = 920.43 kN/m

Active horizontal force Hact = 803.9 kN/m

Safety factor = 1.24 $<$ 1.50 (NO OK)

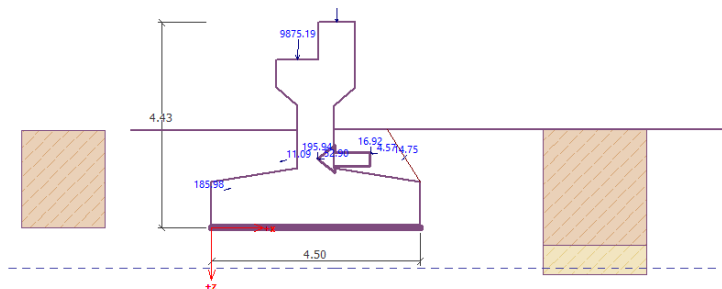
Check for slipResisting horizontal force $H_{res} = 920.39$ kN/mActive horizontal force $H_{act} = 741.26$ kN/m

Safety factor = 1.24 < 1.50

Wall for slip is NOT SATISFACTORY**Gambar 5. 20 Hasil Slip kondisi permanen dari Geo5***Sumber : Geo5*

Dengan demikian hasil guling pada abutment memenuhi syarat pada Geo5 namun persyaratan pada SNI-8460-2017 belum memenuhi syarat sebagai berikut :

Geser SF = 1.24 < 1.50 (**Tidak Memenuhi Syarat**)

Kondisi Seismic**Gambar 5. 21 Hasil Overturning dan Slip Tanpa Pile Permanen***Sumber : Geo5***Check for slip**Resisting horizontal force $H_{res} = 920.43$ kN/mActive horizontal force $H_{act} = 803.9$ kN/m

Safety factor = 1.14 < 1 (OK)

Check for slipResisting horizontal force $H_{res} = 920.43$ kN/mActive horizontal force $H_{act} = 803.99$ kN/m

Safety factor = 1.14 > 1.00

Wall for slip is **SATISFACTORY****Gambar 5. 22 Hasil Overtuning dan Slip kondisi seismic dari Geo5***Sumber : Geo5*

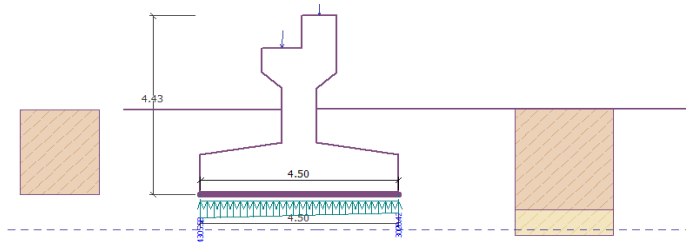
Dengan demikian hasil guling pada abutment memenuhi syarat pada Geo5 namun persyaratan pada SNI-8460-2017 belum memenuhi syarat sebagai berikut :

Geser SF = 1.14 < 1.50 (**Tidak Memenuhi Syarat**)

Dapat dilihat dari Gambar 5.20 dan 5.22 diatas, Untuk syarat stabilitas geser menurut persyaratan Geo5 memenuhi sedangkan menurut syarat SNI beum memenuhi sehingga dapat disimpulkan bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever ini harus menggunakan tiang pancang sebagai pondasi.

B) Bearing Capacity

Bearing capacity dalam Geo5 untuk mengetahui daya dukung. Dikarenakan permodelan sebelumnya dimodelkan tanpa menggunakan pile. . **Untuk permodelan pier dan Pile Group dipisah.** Berikut adalah hasil dari *bearing capacity* abutment tanpa menggunakan *pile* :

**Gambar 5. 23 Hasil Bearing Capacity**

Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

The screenshot shows a software window titled 'Bearing cap.' with the following content:

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	2168.72	16483.51	194.26	0.029	3890.50

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	2168.72	16483.51	194.26

Verification of foundation soil
Stress in the footing bottom : trapezoid

Eccentricity verification
Max. eccentricity of normal force $e = 0.029$
Maximum allowable eccentricity $e_{allow} = 0.333$
Eccentricity of the normal force is **SATISFACTORY**

Verification of bearing capacity
Max. stress at footing bottom $\sigma = 4305.58$ kPa
Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa
Safety factor = $0.00 < 1.50$
Bearing capacity of foundation soil is **NOT SATISFACTORY**

Overall verification - bearing capacity of found. soil is **NOT SATISFACTORY**

Close

Gambar 5. 24 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Permanen

Sumber : Geo5

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 4305.58$ kPa

Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa

Safety factor = $0.00 < 1.50$ (**NO OK**)

Kondisi Seismic

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	2262.51	16497.83	271.29	0.030	3904.15

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	2262.51	16497.83	271.29

Verification of foundation soil
Stress in the footing bottom : trapezoid

Eccentricity verification
Max. eccentricity of normal force $e = 0.030$
Maximum allowable eccentricity $e_{allow} = 0.333$
Eccentricity of the normal force is **SATISFACTORY**

Verification of bearing capacity
Max. stress at footing bottom $\sigma = 4336.56$ kPa
Bearing capacity of foundation soil $R_d = 0.00$ kPa
Safety factor = $0.00 < 1.00$
Bearing capacity of foundation soil is **NOT SATISFACTORY**

Overall verification - bearing capacity of found. soil is **NOT SATISFACTORY**

Gambar 5. 25 Hasil dari Bearing Capacity Kondisi Seismic
Sumber : Geo5

Verification of bearing capacity

$$\text{Max. stress at footing bottom } \sigma = 4336.56 \text{ kPa}$$

$$\text{Bearing capacity of foundation soil } R_d = 0.00 \text{ kPa}$$

$$\text{Safety factor} = 0.00 < 1.00 \text{ (NO OK)}$$

Dikarenakan pada permodelan struktur abutment dimodelkan menggunakan *foundation soil* (tanah pondasi) menghasilkan *safety factor* yang **tidak memenuhi syarat** yaitu pada keadaan permanen $sf < 1.5$ dan keadaan *seismic* $sf < 1$. Maka dari itu struktur abutment dimodelkan dengan menggunakan tiang pancang sebagai pondasi. **Untuk hasil permodelan pile group dapat dilihat pada sub bab 5.2.3**

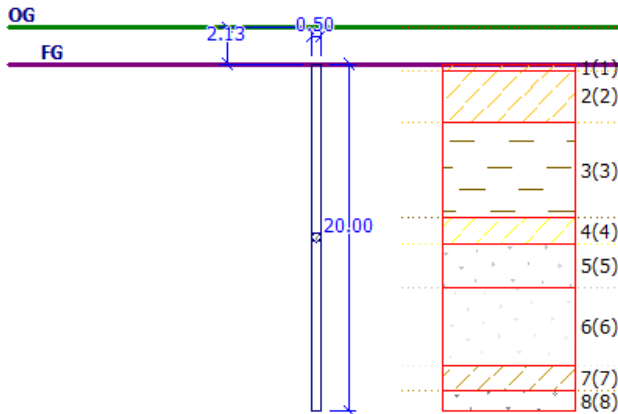
C) Dimensioning

Untuk dimensioning struktur pier tidak dapat memunculkan hasil dikarenakan pier di modelkan dengan

menggunakan program *gravity wall* Geo5. Pada program *gravitywall* tidak dapat mengeluarkan momen serta tidak dapat meginput tulangan. Sehingga untuk mencari momen pier dimodelkan dengan SAP 2000 dan dimensioning pier dihitung manual.

5.2.2 Hasil Permodelan Tiang Tunggal Pada Pier 2

Untuk safety factor kapasitas *pile group* dalam kondisi permanen adalah $sf > 1.5$ sedangkan untuk keadaan seismic adalah $sf > 1$. Berikut adalah hasil dari permodelan tiang tunggal.



Gambar 5. 26 Hasil Permodelan Tiang Tunggal

Sumber : Geo5

Kondisi Permanen

Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2

Analysis carried out for the load case number4. (BEBAN)

Factor determining critical depth $kdc = 1.00$

Verification of compressive pile:

Pile skin bearing capacity $R_s = 863.54 \text{ kN}$

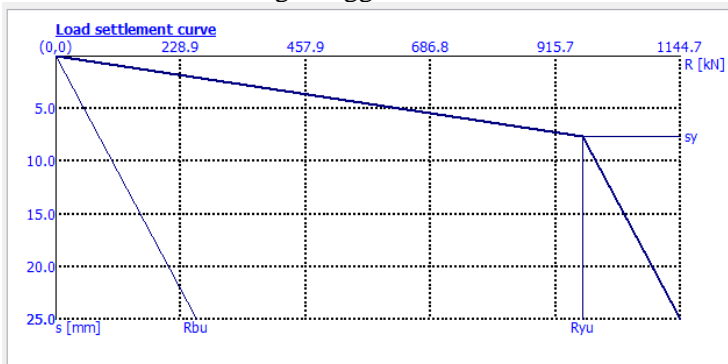
Pile base bearing capacity $R_b = 2312.88 \text{ kN}$

Pile bearing capacity $R_c = 3176.41 \text{ kN}$
 Ultimate vertical force $V_d = 1161.39 \text{ kN}$

Safety factor = $2.74 > 2.00$

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement* Tiang Tunggal



Gambar 5. 27 Settlement Tiang Tunggal Pier Permanent

Sumber : Geo5

Analysis of load settlement curve - results

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 965.56 \text{ kN}$

The settlement for the force R_{yu} $s_y = 7.6 \text{ mm}$

Total resistance $R_c = 1144.67 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

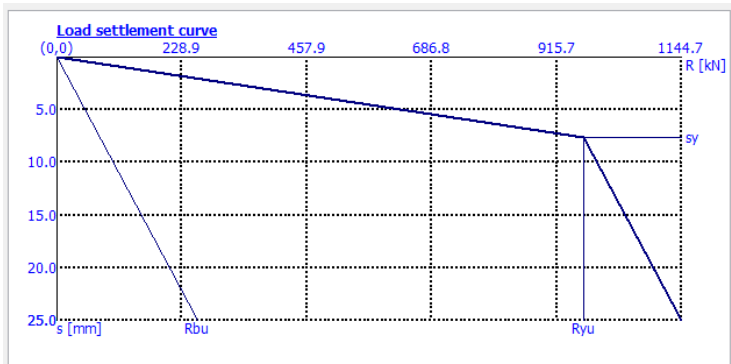
The settlement for maximum service load $V = 905.90 \text{ kN}$ is 7.1 mm .

The settlement for maximum service load $V = 905.90 \text{ kN}$ is **7.1 mm**.

Safety factor = 2.74 > 1.00

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement* Tiang Tunggal



Gambar 5. 29 Settlement Tiang Tunggal Pier Seismic

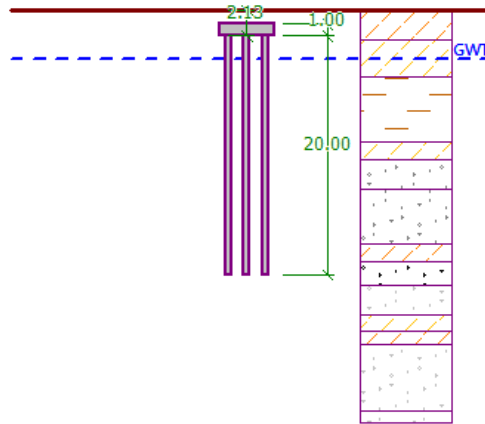
Sumber : Geo5

Analysis of load settlement curve - results

Load at the onset of mobilization of skin friction R_{yu}	=	965.56 kN
The settlement for the force R_{yu}	s_y	= 7.6 mm
Total resistance	R_c	= 1144.67 kN
Maximum settlement	s_{lim}	= 25.0 mm

The settlement for maximum service load $V = 905.90\text{kN}$ is 7.1mm.

The settlement for maximum service load $V = 905.90\text{ kN}$ is **7.1 mm**.



Gambar 5. 31 Hasil Permodelan Pile Group

Sumber : Geo5

Kadaan Permanen

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s	= 863.54 kN
Pile base bearing capacity	R_b	=1119.13 kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c	=1982.67kN
Efficiency of pile group	η_g	=0.68
Vertical bearing capacity of pile group	R_g	=32557.8kN
Maximum vertical force	V_d	=15991.0kN

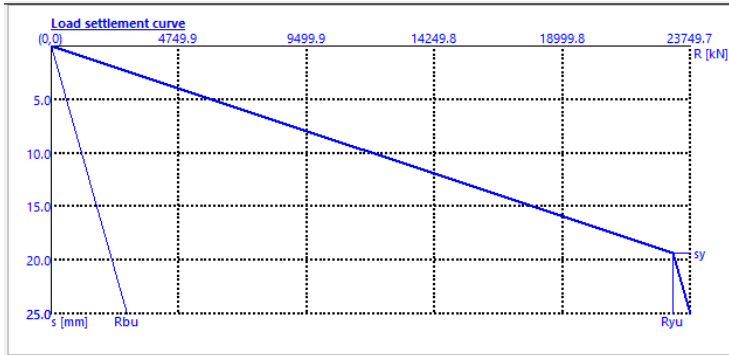
Safety factor = 2.04 > 2.00

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sendiri pilecap} &= p \times l \times t \times b_j \\
 &= 12 \times 4.5 \times 1 \times 23 \\
 &= 1242 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_d &= \text{beban} + \text{beban sendiri pilecap} \\
 &= 14749 \quad + \quad 1242 \\
 &= 15991
 \end{aligned}$$

Untuk *Settlement Pile Group*



Gambar 5. 32 Hasil Settlement Pile Group Permanen

Sumber : Geo5

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor $gf = 3.00$

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 23118.58 \text{ kN}$

The settlement for the force R_{yu} $s_y = 19.3 \text{ mm}$

Total resistance $R_c = 23749.73 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 14749.00 \text{ kN}$ is **12.3 mm.**

Keadaan Seismic

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity $R_s = 863.54 \text{ kN}$

Pile base bearing capacity $R_b = 1119.13 \text{ kN}$

Vertical bearing capacity of single pile $R_c = 1982.67 \text{ kN}$

Efficiency of pile group $\eta_g = 0.68$

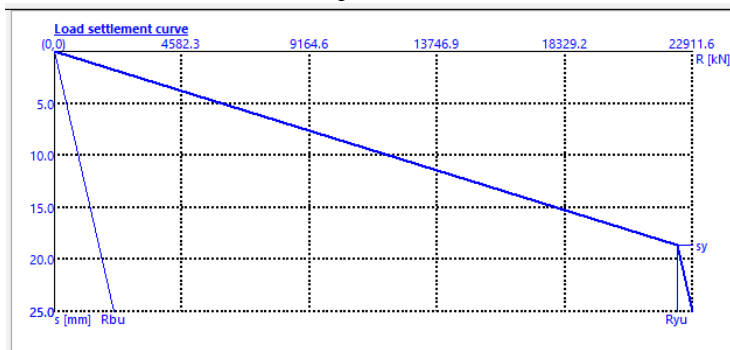
Vertical bearing capacity of pile group $R_g = 32557.8 \text{ kN}$

Maximum vertical force $V_d = 15991.0 \text{ kN}$

Safety factor = 2.04 > 1.00

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

Untuk *Settlement Pile Group*



Gambar 5. 33 Hasil Settlement Pile Group Seismic

Sumber : Geo5

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor $gf = 3.00$

Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 23118.58 \text{ kN}$

The settlement for the force R_{yu} $s_y = 19.3 \text{ mm}$

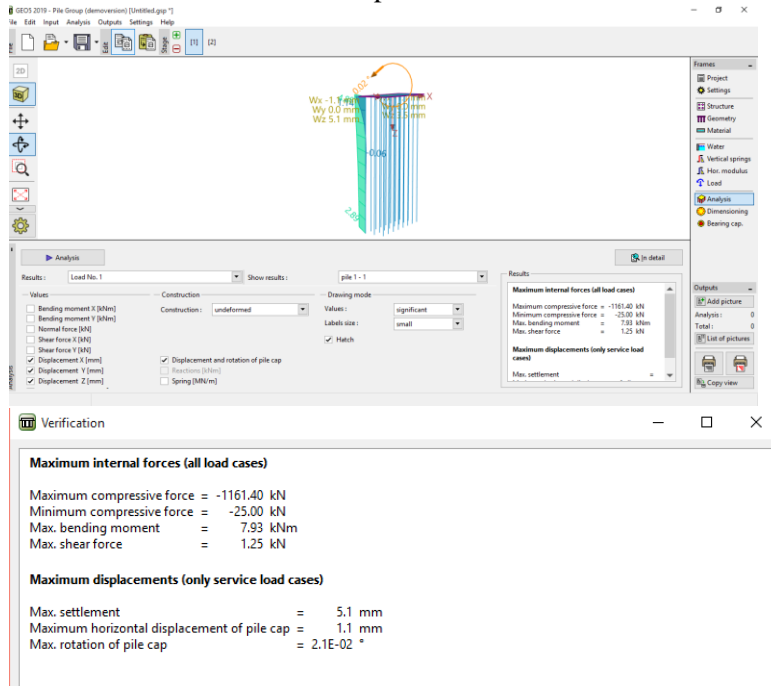
Total resistance $R_c = 23749.73 \text{ kN}$

Maximum settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 14749.00 \text{ kN}$ is

12.3 mm.

Untuk Defleksi Pada Pile Group



Tabel 5. 2 Hasil Defleksi Pile Group

Sumber: Geo5

Maksimum *displacement* pada Pile Group adalah **1.1 mm**

5.2.4 Hasil Stability Pier

Stability menghitung stabilitas global yang terdiri dari sliding Namun dikarenakan Pier bukan merupakan dinding penahan tanah dan tepat didepan struktur pier terdapat tanah passive . Permodelan pada pier tidak dapat mengeluarkan nilai stability.

5.3 Hasil Dari Perhitungan Tulangan

Tabel 5. 3 Rekap Momen Tulangan

Struktur	Bagian	ϕMn	MU	Cek	ϕVn	Vu	Cek
	Bagian	(kN.m)	(kN.m)		(kN)	(kN)	
ABUTMENT	ClosureWall	104.68557	15.21	OK	587.7258	22.24	OK
	Contruction Joint	63.656769	49.49	OK	1907.323	16.96	OK
	Wall Steam	212.2189	49.49	OK	4951.285	272.81	OK
	Wingwall	281.78203	10.08	OK	6440.289	8.33	OK
Pier	Wall pier	21675.385	972.10302	OK	5004.489	6496.305	NO OK
	Pier Head	4568.9513	972.10302	OK	2825.9	6496.305	NO OK
	Pile Cap	2717.4804	178.91729	OK	2797.803	6496.305	NO OK

Sumber: Geo5

Wall Pier

Perhitungan Kapasitas Geser Balok

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned}
 A_v &= D \quad 16 \quad - \quad 75 \\
 &= 402.1238597 \quad \text{mm}^2 \\
 V_c &= 0.17 \quad \lambda \quad \sqrt{f_c'} \quad b_w \quad d \\
 &= 0.17 \quad 1 \quad 5.916079783 \quad 3600 \quad 669.5 \\
 &= 2424019.034 \quad \text{N} \\
 &= 2424.019034 \quad \text{kN} \\
 V_s &= \frac{A_v \quad f_y \quad d}{s} \\
 &= \frac{402.1238597 \quad 560 \quad 669.5}{75} \\
 &= 2010190.366 \quad \text{N} \\
 &= 2010.190366 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 2424.019034 + 2010.190366 \\
 &= 4434.2094 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi V_n \\
 &= 0.75 \cdot 4434.2094 \\
 &= 3325.65705 \text{ kN} \\
 &= 332.565705 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pier Head

Perhitungan Kapasitas Geser Balok

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned}
 A_v &= D \cdot 16 \cdot 70 \\
 &= 402.1238597 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= 0.17 \cdot 1 \cdot 5.916079783 \cdot 80 \cdot 1679.5 \\
 &= 1351303.615 \text{ N} \\
 &= 1351.303615 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\
 &= \frac{402.1238597 \cdot 560 \cdot 1679.5}{70} \\
 &= 5402936.178 \text{ N} \\
 &= 5402.936178 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1351.303615 + 5402.936178 \\
 &= 6754.239794 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi V_n \\
 &= 0.75 \cdot 6754.239794
 \end{aligned}$$

$$= 5065.679845 \text{ kN}$$

$$= 506.5679845 \text{ T}$$

Pilecap

Perhitungan Kapasitas Geser Balok

Tulangan Geser Pasang

$$A_v = D \quad 19 \quad - \quad 70$$

$$= 567.057474 \quad \text{mm}^2$$

$$V_c = 0.17 \quad \lambda \quad \sqrt{f_c'} \quad b_w \quad d$$

$$= 0.17 \quad 1 \quad 5.916079783 \quad 500 \quad 873.5$$

$$= 439254.1337 \quad \text{N}$$

$$= 439.2541337 \quad \text{kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \quad f_y \quad d}{s}$$

$$= \frac{567.057474 \quad 560 \quad 873.5}{70}$$

$$= 3962597.628 \quad \text{N}$$

$$= 3962.597628 \quad \text{kN}$$

$$V_n = V_c \quad + \quad V_s$$

$$= 439.2541337 \quad + \quad 3962.597628$$

$$= 4401.851762 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = \phi \quad V_n$$

$$= 0.75 \quad 4401.851762$$

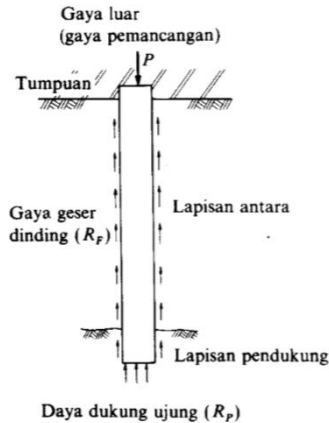
$$= 3301.388821 \quad \text{kN}$$

$$= 330.1388821 \quad \text{T}$$

2.4 Hasil Perhitungan Pondasi

5.3.1 Hasil Perhitungan Tiang Tunggal Abutment

jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang (Sosrodarsono & Nakazawa, n.d.), seperti pada Gambar 5.36



Gambar 5. 34 Mekanisme daya dukung tiang

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

Dimana :

n = Faktor keamanan, SF = 3 (beban tetap) dan SF = 2 (waktu gempa)

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

Dimana :

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N .

Dimana :

L = Panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung

D = Diameter tiang

\bar{N} = Harga rata-rata N pada ujung tiang

Nilai \bar{N} didapat pada persamaan berikut ini :

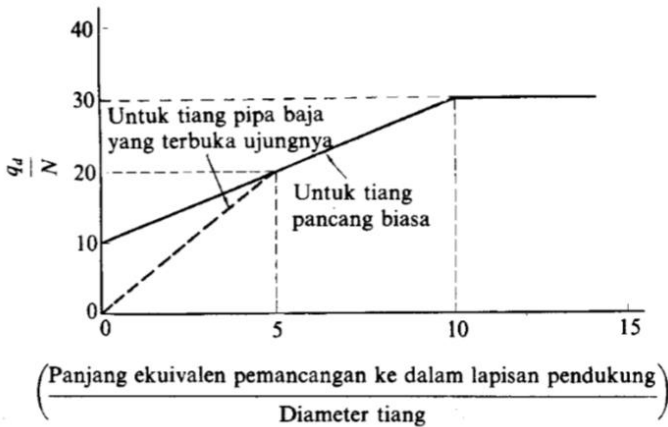
$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} (\bar{N} \leq 40)$$

Dimana :

\bar{N} = Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

N_1 = Harga N pada ujung tiang

\bar{N}_2 = Harga rata-rata N pada jarak $4D$ dari ujung tiang

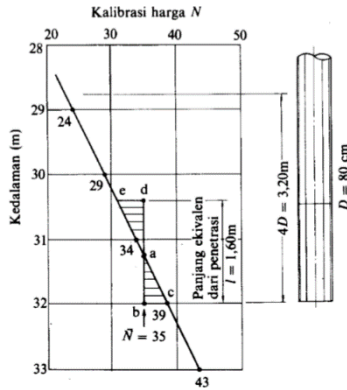


Gambar 5. 35 . Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Berikut merupakan cara mencari panjang ekuivalen dari penetrasi tiang :

- Menentukan harga N pada ujung tiang N_1
- Harga N rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang
- Didapat nilai \bar{N}
- Pada Gambar 76, letak d menjadikan luas segitiga abc sama dengan luas segitiga ade , sehingga didapat panjang ekuivalen dari penetrasi tiang



Gambar 5. 36 Contoh penentuan panjang ekuivalen dari penetrasi

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Besarnya gaya geser maksimum dindingfr diperkirakan dari Tabel 5.2 sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi.

Tabel 5. 4 Intensitas gaya geser dinding tiang

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Sesuai dengan data tanah dari Testana Engineering yang terletak di Kota Malang, daya dukung tiang dapat diperhitungkan.

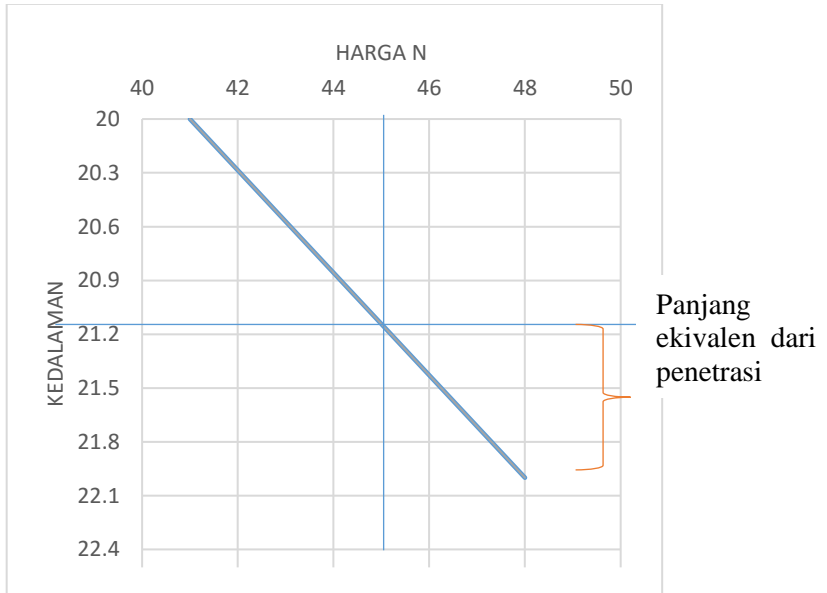
Dengan panjang tiang pancang 20 meter dan tebal pile cap 1 meter. Diketahui bahwa diameter tiang 500 mm dan tiang merupakan tiang pancang *spun pile* biasa, sehingga

$$N_1 = 50$$

4D = $4 \times 0.5\text{m} = 2.0\text{ m}$, sehingga diambil nilai N rata-rata 3 meter dari ujung tiang

$$\bar{N}_2 = \frac{45 + 31 + 38 + 35}{4} = 39$$

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} = \frac{41 + 39}{2} = 40$$

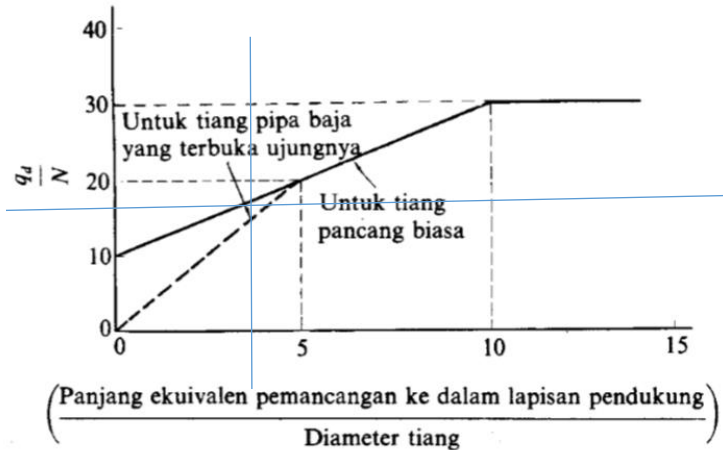


$$\bar{N} = 40$$

Gambar 5. 37 Menentukan panjang ekivalen dari penetrasi (L)

Panjang ekivalen dari penetrasi (L) adalah 1.25 meter, karena tiang merupakan tiang pancang biasa maka didapatkan

$$L/D = \frac{2}{0.5} = 4$$



Gambar 5. 38 Menentukan nilai q_d/N

Dengan nilai $L/D = 6$, maka dari grafik pada Gambar 5.41 didapatkan nilai $q_d/N = 16$. Sehingga nilai q_d :

$$q_d = 16 \times \bar{N} = 16 \times 32.6 = 692 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_p = q_d \times A$$

$$= 692 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= 692 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi (0.5 \text{ m})^2}{4}$$

$$= 135.8 \text{ ton}$$

Untuk menentukan gaya geser maksimum dinding tiang yaitu harga rata-rata N bagi lapisan-lapisan tanah didapat dari data tanah dan f_i yang sesuai dengan harga rata-rata N dapat diperoleh dengan melihat pada Tabel 5.3. Dari Tabel 5.3, l_i dan f_i dapat diketahui.

Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan

Kedalaman	Ketebalan lapisan l_i (m)	Tanah	Harga rata-rata N	f_i (t/m ³)	$l_i \cdot f_i$ (t/m)
0-1.5	1.5	Lempung	4	4	6
1.5-1.7	0.2	Lempung Berlanau	4	4	0.8
1.7-2	0.3	Lanau berpasir	4	4	1.2
2-11	9	Lempung Berlanau	10.6	2.12	19.08
11-13	2	Pasir	26	5.2	10.4
13-19.5	6.5	Lanau berlempung	27.85714286	5.571429	36.21429
19.5-31.5	12	Pasir	49.38461538	9.876923	118.5231
Σ	31.5	-	-	-	126.5231

Gaya geser maksimum dinding tiang dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$U \Sigma l_i \cdot f_i = 3.14 \times 0.5 \times 126.5 = 199 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate :

$$\begin{aligned} R_u &= q_d \cdot A + U \Sigma l_i \cdot f_i \\ &= 125.45 + 199 \\ &= 325.19 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Daya dukung yang diijinkan :

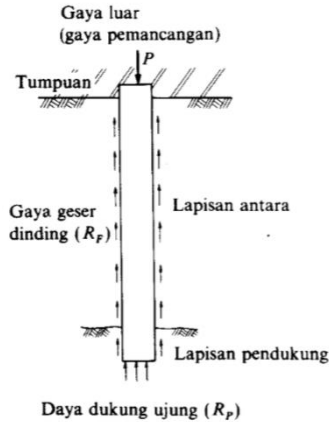
$$\begin{aligned} \text{Waktu normal, } R_a &= \frac{R_u}{n} = \frac{546.43}{3} = 108.4 \text{ ton} \\ &= 1084 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu gempa, } R_a &= \frac{R_u}{n} = \frac{546.43}{2} = 162.6 \text{ ton} \\ &= 1626 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya Dukung Ultimit	Manual	Geo5
Permanen	3251.9 kN	3068 kN

5.3.2 Hasil Perhitungan Tiang Tunggal Pier

jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang (Sosrodarsono & Nakazawa, n.d.), seperti pada Gambar 5.41



Gambar 5. 39 Mekanisme daya dukung tiang

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

Dimana :

n = Faktor keamanan, SF = 3 (beban tetap) dan SF = 2 (waktu gempa)

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

Dimana :

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N .

Dimana :

L = Panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung

D = Diameter tiang

\bar{N} = Harga rata-rata N pada ujung tiang

Nilai \bar{N} didapat pada persamaan berikut ini :

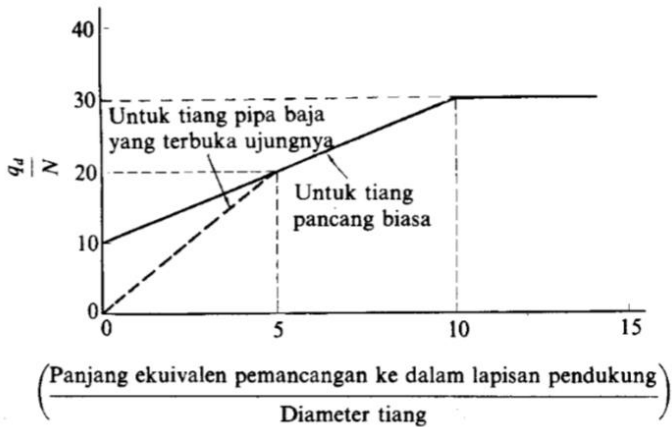
$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} (\bar{N} \leq 40)$$

Dimana :

\bar{N} = Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

N_1 = Harga N pada ujung tiang

\bar{N}_2 = Harga rata-rata N pada jarak $4D$ dari ujung tiang



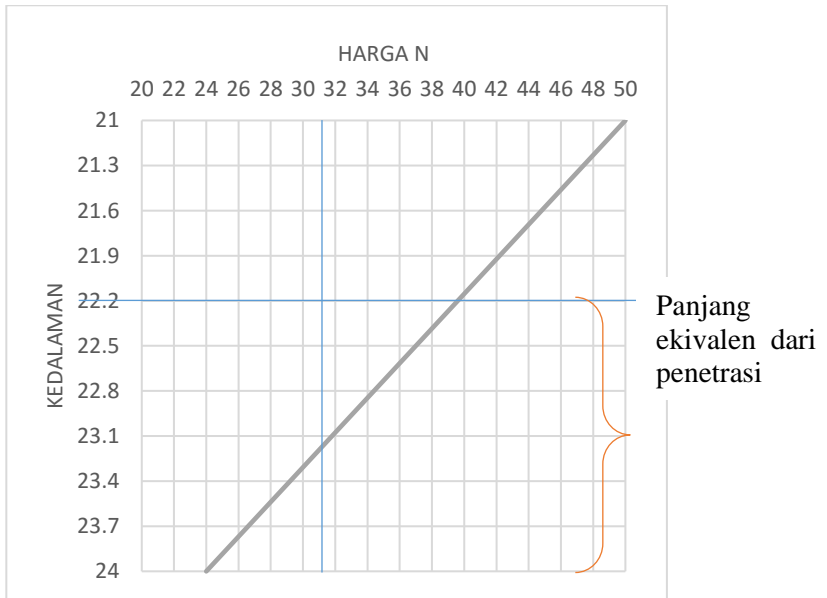
Gambar 5. 40 . Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Berikut merupakan cara mencari panjang ekuivalen dari penetrasi tiang :

- Menentukan harga N pada ujung tiang N_1
- Harga N rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang
- Didapat nilai \bar{N}
- Pada Gambar 76, letak d menjadikan luas segitiga abc sama dengan luas segitiga ade , sehingga didapat panjang ekuivalen dari penetrasi tiang

$$\begin{aligned}
 N_1 &= 29 \\
 4D &= 4 \times 0.5\text{m} = 2.0 \text{ m, sehingga diambil nilai } N \\
 &\text{rata-rata 3 meter dari ujung tiang} \\
 \bar{N}_2 &= \frac{29 + 30 + 50 + 50}{4} = 34.5 \\
 \bar{N} &= \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} = \frac{29 + 36.17}{2} = 31.8
 \end{aligned}$$

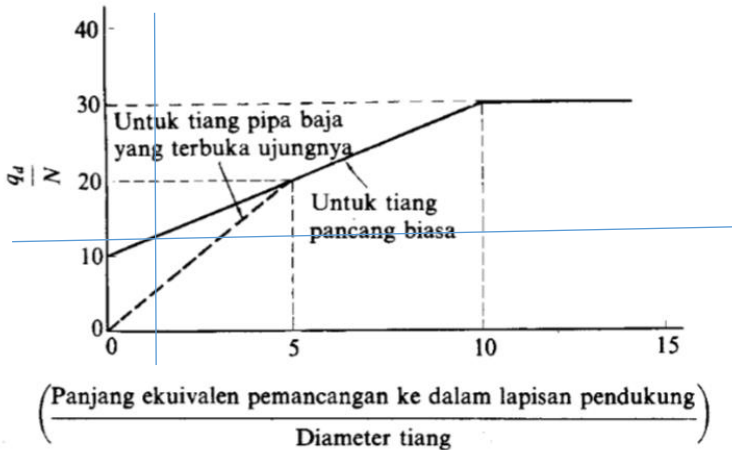


$$\bar{N} = 31.8$$

Gambar 5. 42 Menentukan panjang ekuivalen dari penetrasi (L)

Panjang ekuivalen dari penetrasi (L) adalah 1.25 meter, karena tiang merupakan tiang pancang biasa maka didapatkan

$$L/D = \frac{1.2}{0.5} = 2.4$$



Gambar 5. 43 Menentukan nilai q_d/N

Dengan nilai $L/D = 2.5$, maka dari grafik pada Gambar 5.45 didapatkan nilai $q_d/N = 10.5$. Sehingga nilai q_d :

$$q_d = 11 \times \bar{N} = 10.5 \times 32.6 = 342.13 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_p = q_d \times A$$

$$= 342.13 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= 342.13 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi (0.5 \text{ m})^2}{4}$$

$$= 67.176 \text{ ton}$$

Untuk menentukan gaya geser maksimum dinding tiang yaitu harga rata-rata N bagi lapisan-lapisan tanah didapat dari data tanah dan f_i yang sesuai dengan harga rata-rata N dapat diperoleh dengan melihat pada Tabel 5.5 Dari Tabel 5.5, l_i dan f_i dapat diketahui.

Tabel 5. 7 Gaya geser pada keliling permukaan tiang, digolongkan menurut lapisan tanah

Kedalaman	Ketebalan lapisan l_i (m)	Tanah	Harga rata-rata N	f_i (t/m ³)	$l_i \cdot f_i$ (t/m)
0-2.5	2.5	Lanau Berlempung	3.333333333	0.666667	1
2.5-5.5	3	Lanau Berpasir	6.25	1.25	3.75
5.5-11	5.5	Lempung Berlanau	14.66666667	2.933333	16.13333
11-12.5	1.5	Lanau berpasir	42	8.4	12.6
12.5-15	2.5	Pasir	33.66666667	6.733333	16.83333
15-19.5	4.5	Pasir berlanau	33.33333333	6.666667	30
19.5-21	1.5	Lanau Berlempung	50	10	15
21-23	2	Pasir berkerikil	32.33333333	6.466667	12.93333
23-25.5	2.5	Pasir berlanau	24.5	4.9	12.25
25.5-26.8	1.3	Lanau Berpasir	35	7	9.1
26.8-28	1.2	Lanau Berlempung	60	12	14.4
28-33.5	5.5	Pasir berlanau	58.33333333	11.66667	64.16667
Σ	33.5	-	-	-	160.95

Gaya geser maksimum dinding tiang dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$U \Sigma l_i \cdot f_i = 3.14 \times 0.5 \times 160.95 = 253 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimate :

$$\begin{aligned} R_u &= q_d \cdot A + U \Sigma l_i \cdot f_i \\ &= 67.176 + 253 \\ &= 318.15 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Daya dukung yang diijinkan :

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal, } R_a &= \frac{R_u}{n} = \frac{546.43}{3} = 106.04 \text{ Ton} \\ &= 1060.4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu gempa, } R_a &= \frac{R_u}{n} = \frac{546.43}{2} = 159.07 \text{ ton} \\ &= 1591 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya Dukung Ultimit	Manual	Geo5
Permanen	3181 kN	3176 kN

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini diperoleh beberapa hasil diantaranya yaitu

1. Setelah dilakukan hasil *checking* pada keseluruhan hasil analisa pada guling, dan analisa geser ada yang tidak memenuhi syarat . Sedangkan untuk stabilitas global sudah memenuhi syarat.
2. Kesesuaian perencanaan struktur bawah jembatan dengan peraturan sudah memenuhi syarat sesuai SNI 8460-2017
3. Setelah dilakukan evaluasi dengan program bantu Geo5 diperoleh hasil bahwa permodelan struktur, tiang tunggal , maupun *pile group* untuk struktur abutment dan pier dalam kondisi permanen dan gempa sudah memenuhi syarat *safety Factor* .

6.2 Saran

Berdasarkan tugas akhir ini terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Data parameter tanah untuk desain harus lengkap. Serta perlunya pengecekan korelasi parameter tanah agar desain mendekati kesesuaian dengan kondisi lapangan sebenarnya
2. Lebih diperhatikan letak muka air tanah karena hal tersebut berpengaruh pada daya dukung pondasi

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M. (1995), *Mekanika Rekayasa: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 1*, oleh Noor Endah, Erlangga, Jakarta
- Das, B.M. (1995), *Mekanika Rekayasa: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 2*, oleh Noor Endah, Erlangga, Jakarta
- SNI 1725. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 196. Retrieved from www.bsn.go.id
- SNI 8460. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 196. Retrieved from www.bsn.go.id
- Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K. (2000), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Cetakan 7. Pradnya Paramita, Jakarta.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ibtida Harakah Syaurah merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, Lahir di Malang pada tanggal 21 April 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Ketintang III Surabaya, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 22 Surabaya, lalu di SMAN 15 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis diterima di

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program Studi Diploma IV, terdaftar dengan NRP 10111510000097. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini, penulis mengambil bidang keahlian Bangunan Transportasi. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan diantaranya : menjadi menjadi Kepala Divisi Diploma Sipil Champion (DSC) di HMDS KSATRIA 2017/2018 dan berbagai kepanitiaan di beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis dapat dihubungi via email harakah.s@gmail.com.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir Terapan ini dapat terselesaikan, walaupun selama penyelesaian Tugas Akhir Terapan mengalami berbagai hambatan dan rintangan.
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan sepanjang perjalanan selama menempuh pendidikan Diploma IV, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Dosen Pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA yang telah membimbing dengan sangat sabar dan meluangkan waktunya demi terselesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan di Kampus ITS Manyar yang telah memberikan pendidikan dan bimbingan serta motivasi selama belajar di kampus ini.
5. Teman-teman Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS Surabaya yang telah banyak membantu penyelesaian Tugas Akhir Terapan ini.
6. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

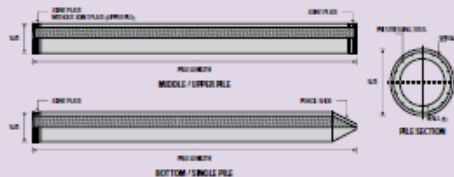
LAMPIRAN

Hasil permodelan abutment

Hasil Permodelan	Kondisi									
	Permanen					Gempa				
Abutment	Hasil	syarat Geo	Cek	syarat SNI	Cek	Hasil	syarat Geo	Cek	syarat SNI	Cek
Guling	1.5	1.5	OK	2	NO OK	1.47	1	OK	2	NO OK
Geser	0.76	1.5	NO OK	1.5	NO OK	0.74	1	NO OK	1.5	NO OK
Stabilitas Global	13.15	1.5	OK	1.5	OK	9.51	1	OK	1.5	OK
Daya Dukung Tiang Tunggal	9.32	2	OK	2	OK	9.32	1	OK	2	OK
Penurunan	5.5	15 cm	OK	15 cm	OK	2.4	15	OK		
Defleksi	29.2	0.05* h = 13 cm	OK	0.05* h = 13 cm	OK	4.36	1	OK		

pesifikasi Spun pile

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack* (ton/cm)	Break (ton/cm)			
300	60	452.39	34,607.78	112	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	4.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	45.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	66.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.80	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	142.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18					
500	90	1,159.25	255,124.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19					
600	100	1,570.80	510,608.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-18
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20					
800	120	2,561.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	179.24	6-20
					A2	46.00	69.00	406.10	155.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24					
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.23	311.26	6-24
C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24					
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,217	A1	120.00	180.00	802.80	271.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.60	252.10	6-24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24					

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever it used in certain position

***) Type of Shore for Bottom Pile is Manrose Shore

Unit Conversion: 1 ton = 9.80665 kN

DAFTAR GAMBAR

NO. GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR STRUKTUR		
01	Plan dan Profil Memanjang	-
02	Dimensi Abutment 2	1 : 100
03	Dimensi Pier 2	1 : 100
04	Penulangan Abutment 2 (1/2)	1 : 25
05	Penulangan Abutment 2 (2/2)	1 : 25
06	Penulangan Wingwall Abutment 2	1 : 50
07	Detail dan Barlist Pembesian Kolom 2	1 : 75
08	Detail Pembesian Footing P2	1 : 100
09	Detail Pembesian Footing P2	1 : 100
10	Penulangan Pier Head P2	1 : 25
11	Penulangan Pier Head P2	1 : 50



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

UNDERPASS SUNGAI BAJANGAN
STA 24+150
(PLAN DAN PROFIL MEMANJANG)

NO	REVISI

MENGETAHUI

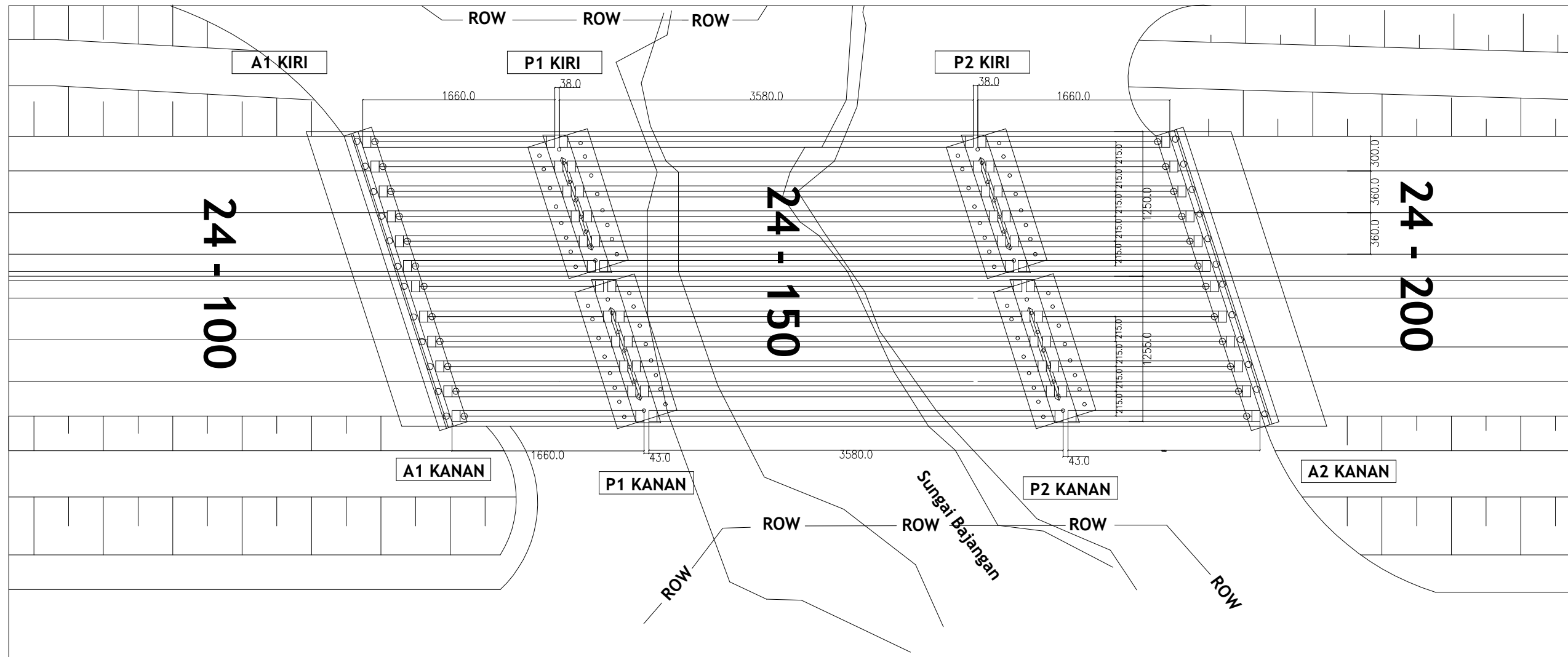
DOSEN
PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

MAHASISWA
IBTIDA HARAKAH SYAURAH
1011151000097

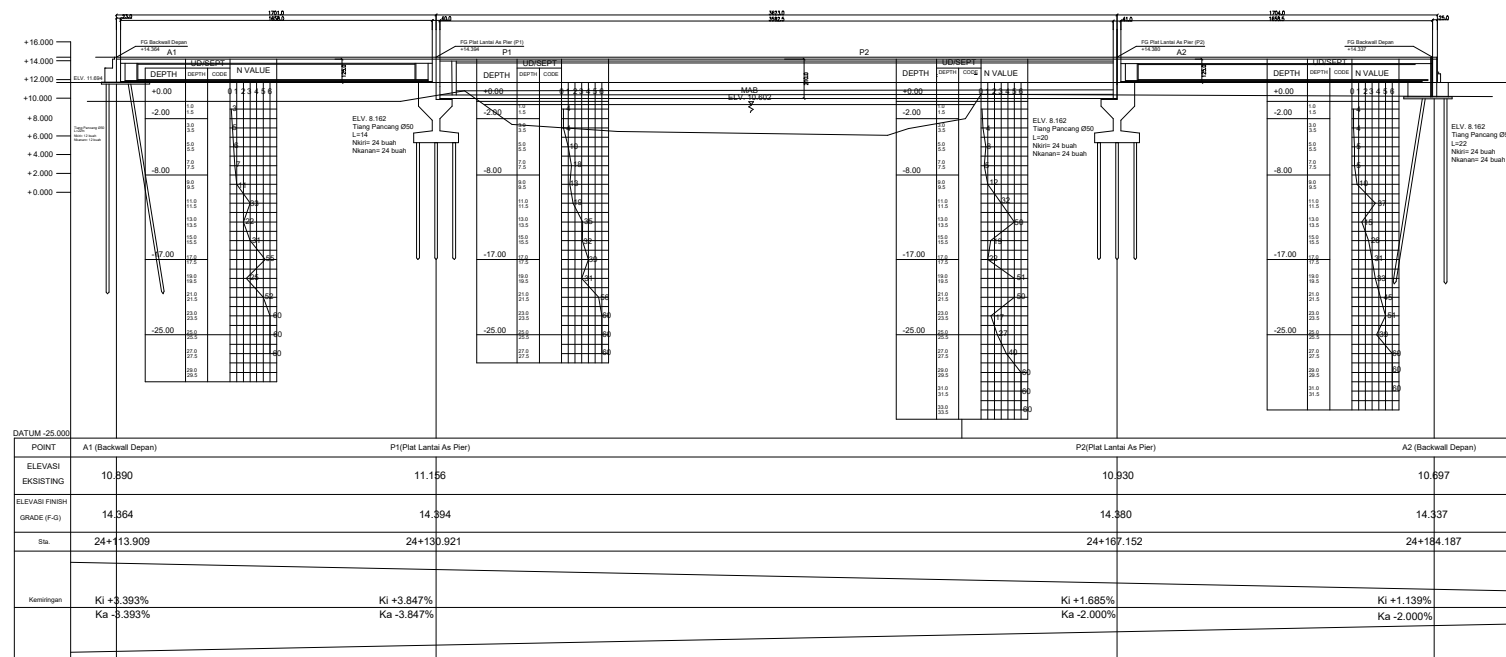
KETERANGAN

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	01	11



GENERAL PLAN
UNDERPASS SUNGAI BAJANGAN
SKALA 1:200

PENAMPANG MEMANJANG (Skew)
UNDERPASS SUNGAI BAJANGAN
SKALA 1:200





PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

DIMENSI ABUTMENT 2
UNDERPASS SUNGAI BAJANGAN
STA 24+150

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

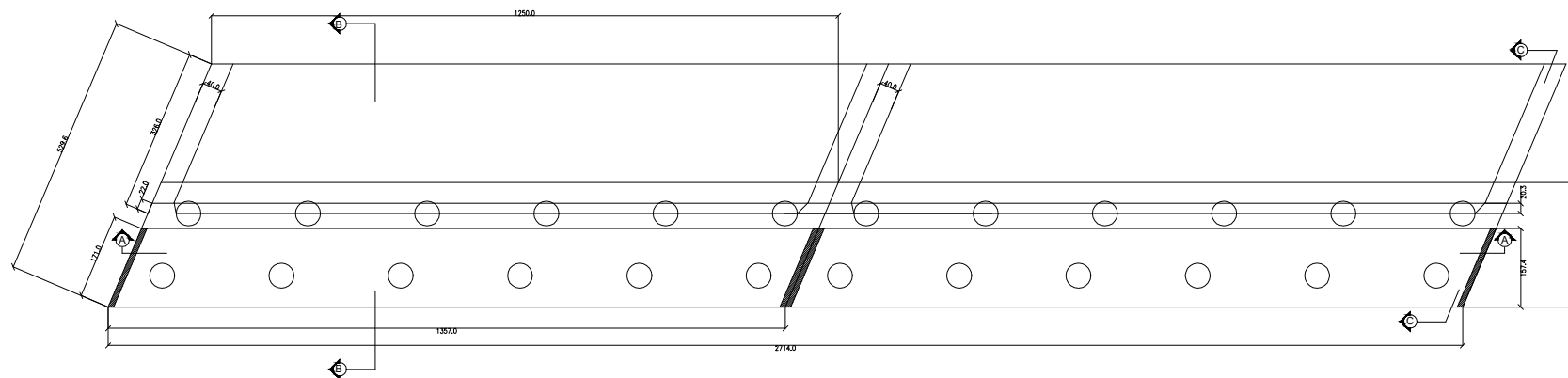
MENGETAHUI

MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

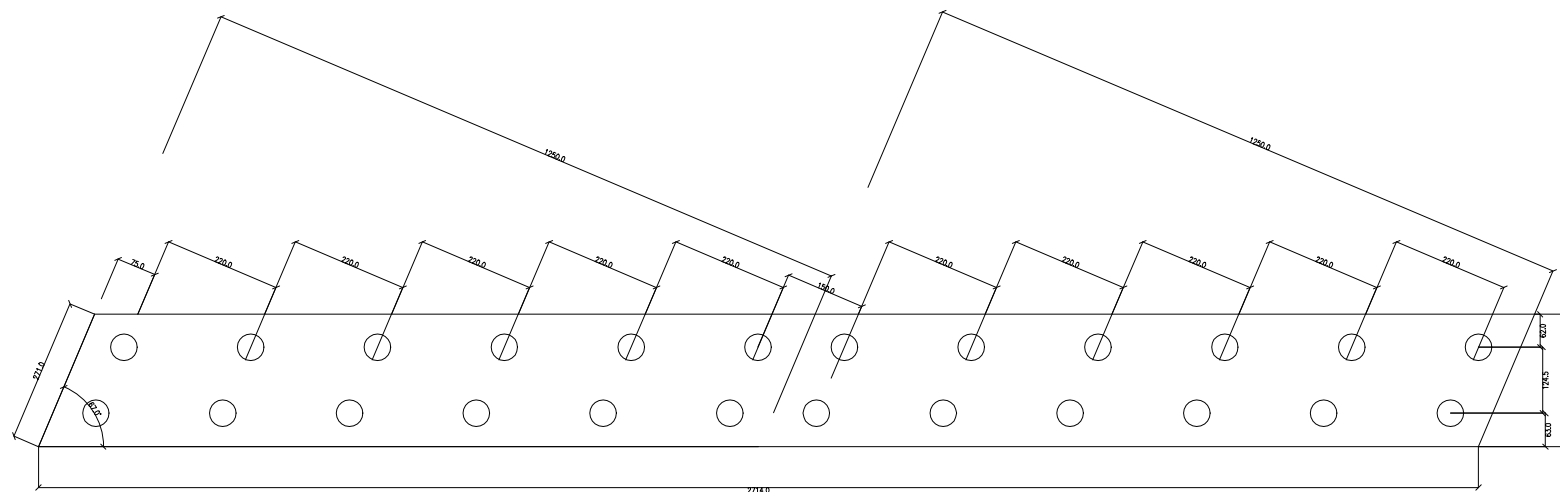
KETERANGAN

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	02	11



ABUTMENT 2

SKALA 1 : 100



FOOTING ABT 2

SKALA 1 : 100



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

DIMENSI PIER 2
UNDERPASS SUNGAI BAJANGAN
STA 24+150

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

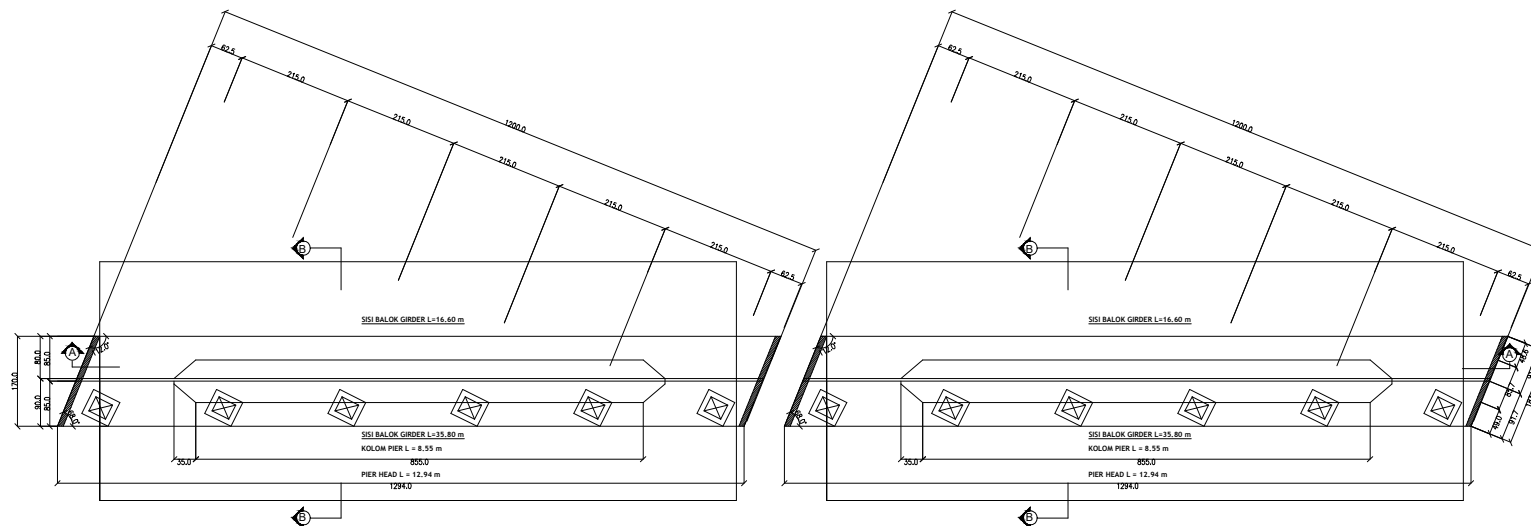
MENGETAHUI

MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

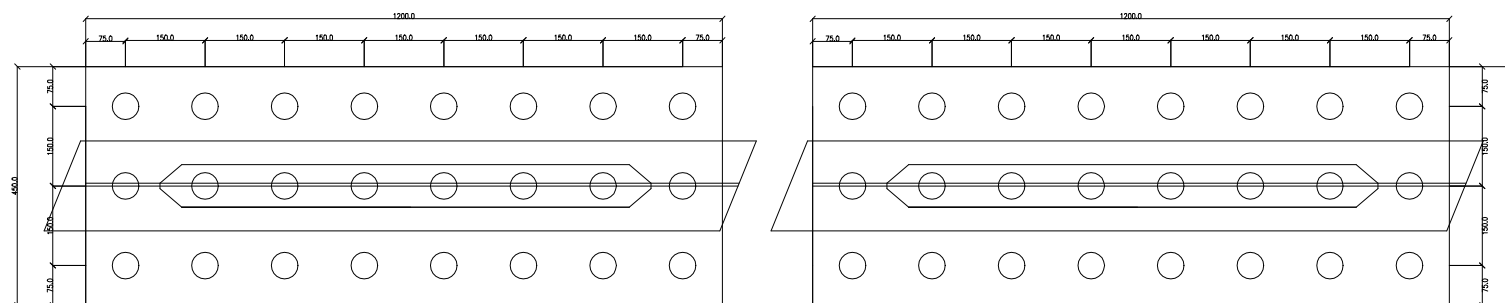
KETERANGAN

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	03	11



PIER HEAD P2

SKALA 1 : 100



FOOTING P2

SKALA 1 : 100



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

PENULANGAN ABUTMENT 2
UNDERPASS BAJANGAN (1/2)

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

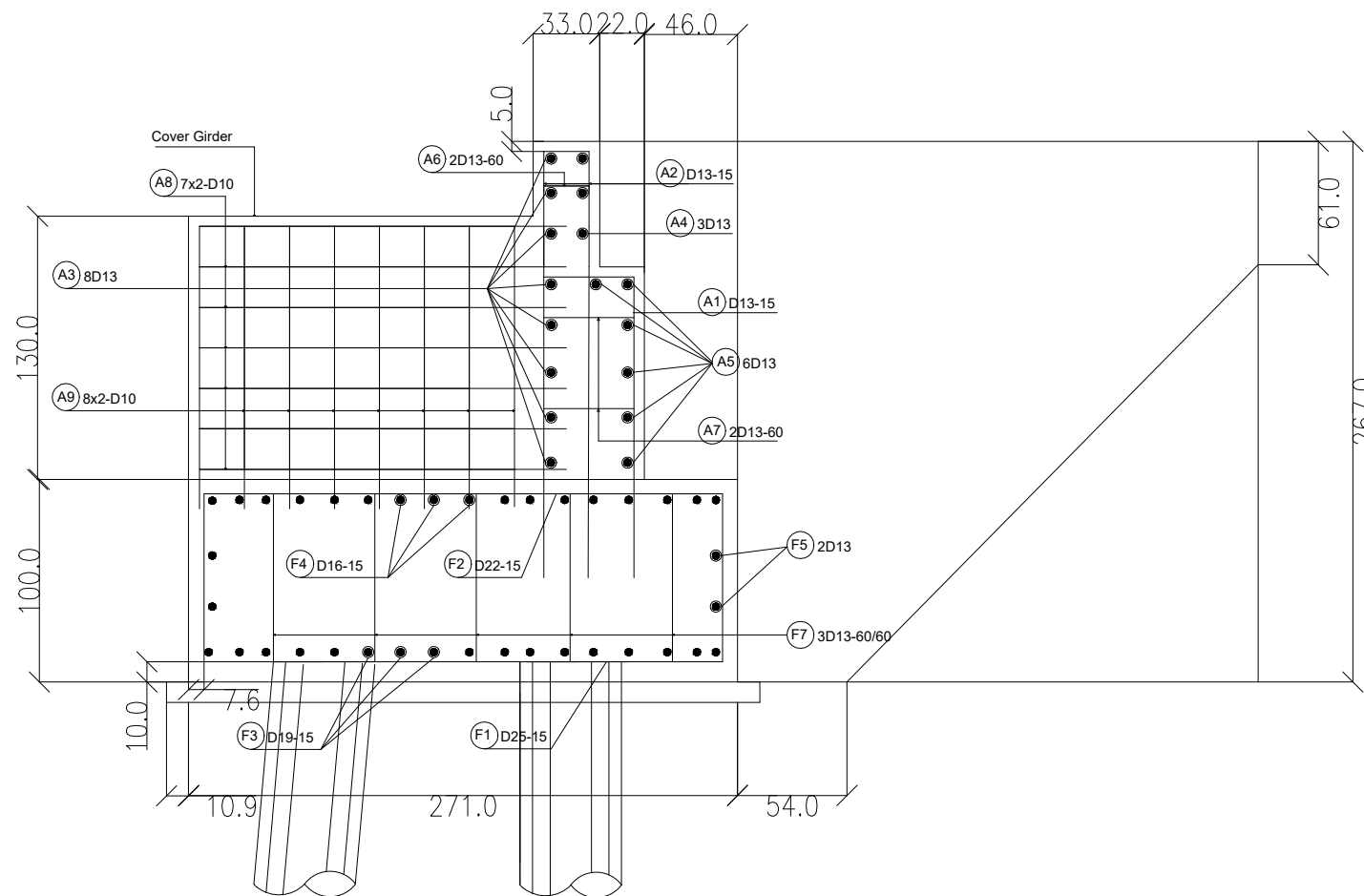
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

KETERANGAN



POTONGAN A-A
SKALA 1:25

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	04	11



PROGRAM SARJANA TERAPAN
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
 STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
 PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
 PASURUAN PADA STA 24+200
 MENGGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

PENULANGAN ABUTMENT 2
 UNDERPASS BAJANGAN (2/2)

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
 PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
 NIP. 19501011 198203 1 002

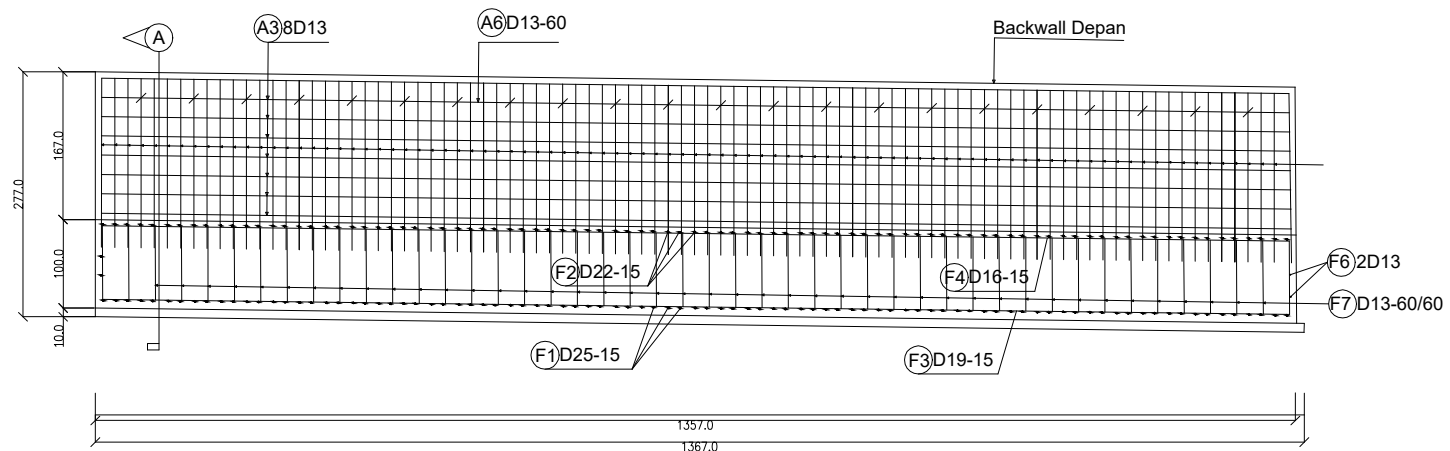
MENGETAHUI

MAHASISWA

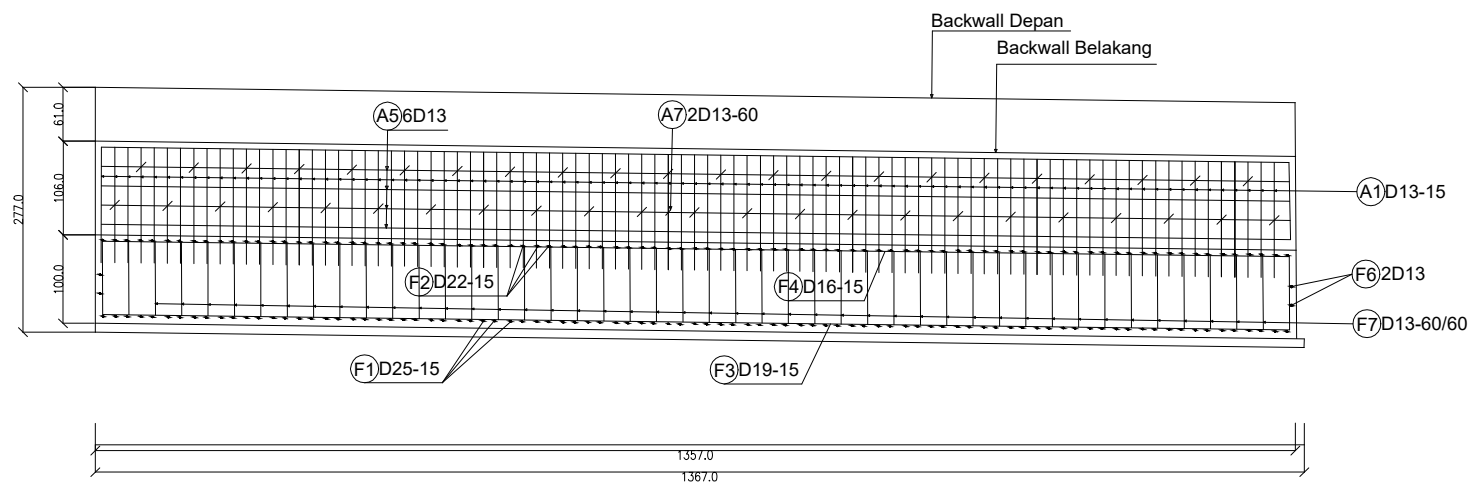
IBTIDA HARAKAH SYAURAH
 10111510000097

KETERANGAN

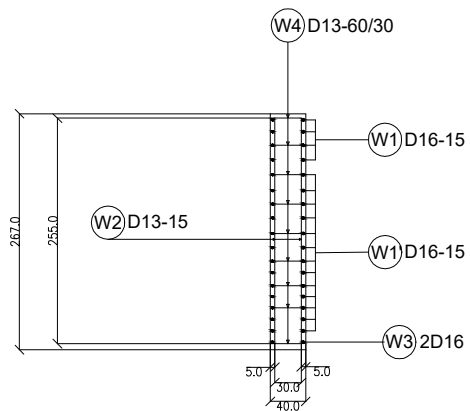
KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	05	11



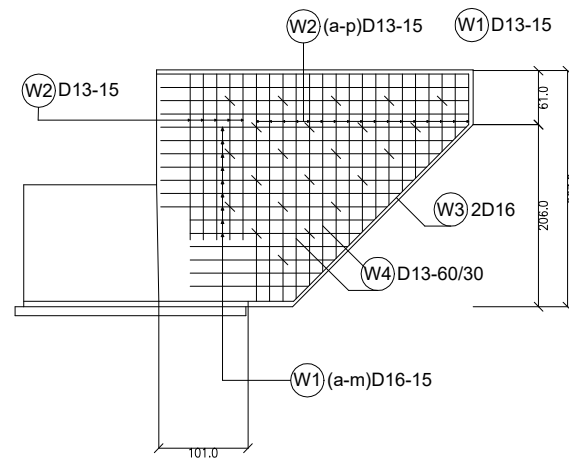
POTONGAN B-B
 SKALA 1:50



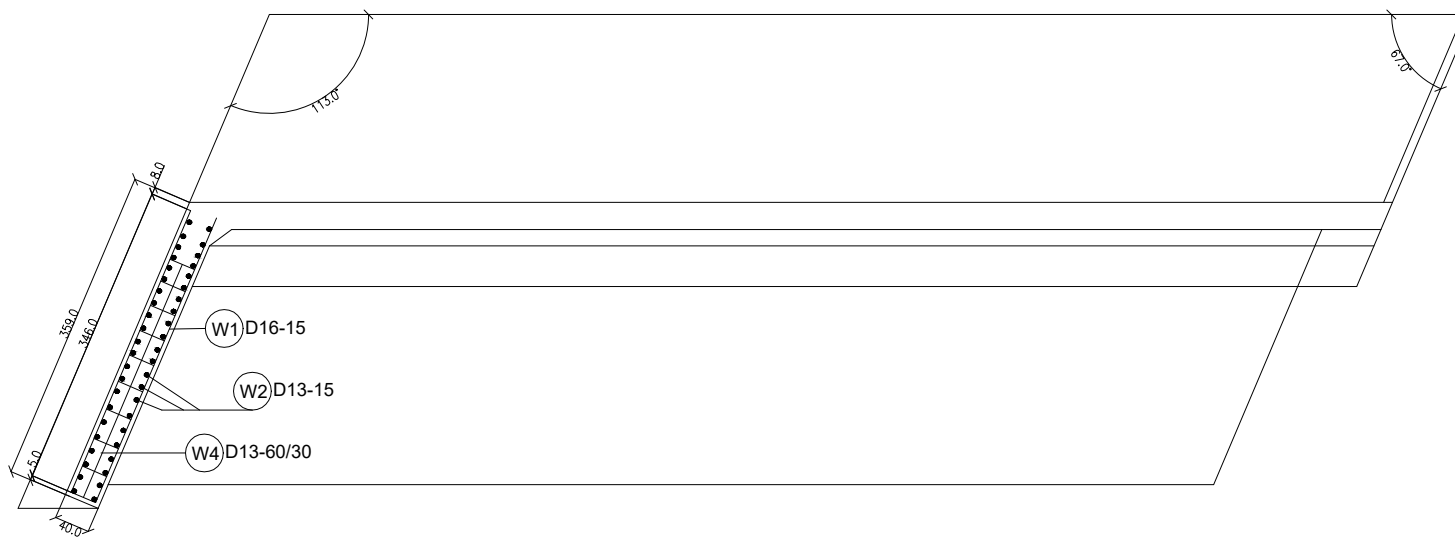
POTONGAN C-C
 SKALA 1:50



POTONGAN I-I
SKALA 1:50



POTONGAN H-H
SKALA 1:50



POTONGAN J-J
SKALA 1:50



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5**

NAMA GAMBAR

**PENULANGAN WINGWALL
ABUTMENT 2
UNDERPASS BAJANGAN**

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

MAHASISWA
IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

KETERANGAN

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	06	11



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

DETAIL DAN BARLIST PEMBIESAN
KOLOM P2
UNDERPASS BAJANGAN

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

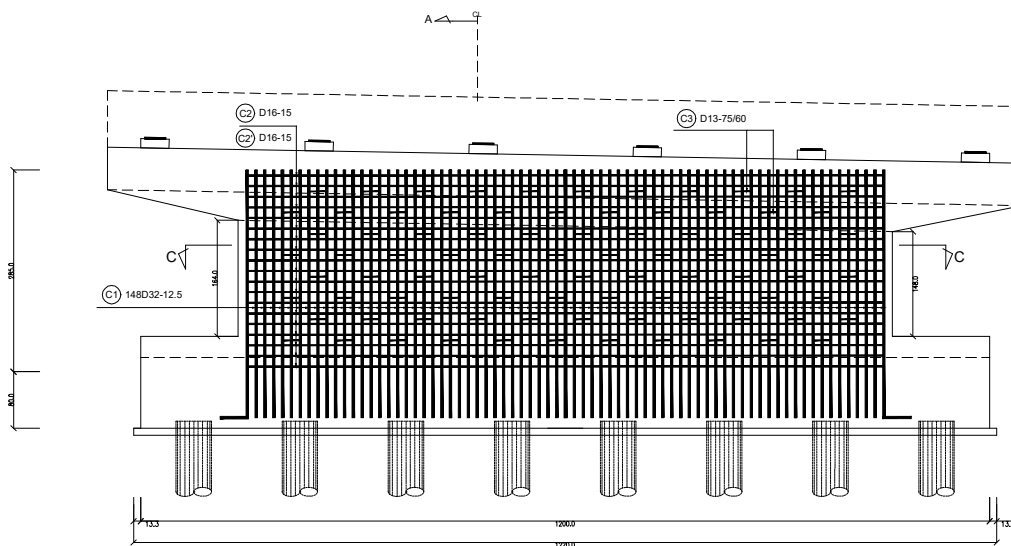
MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
1011151000097

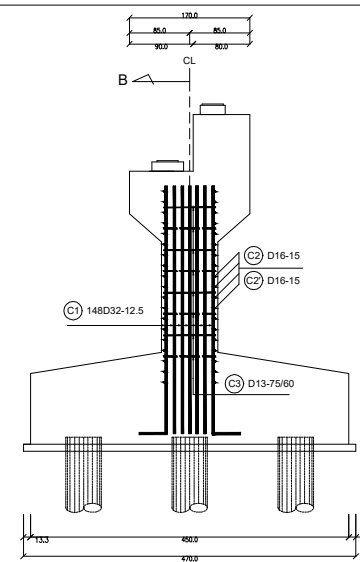
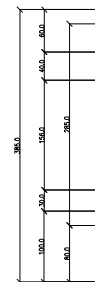
KETERANGAN

- SEMUA DIMENSI DALAM BENTUK CM KECEUALI DISEBUTKAN LAIN
- MUTU BETON KOLOM PIER KELAS B-1
- MUTU BAJA TULANGA BJTD-40
- SELIMUT BETON 7 CM, KECEUALI FOOTING SELIMUT BAWAH 10 CM
- CUT OFF TIANG PANCANG 10 CM DIATAS TOP LC

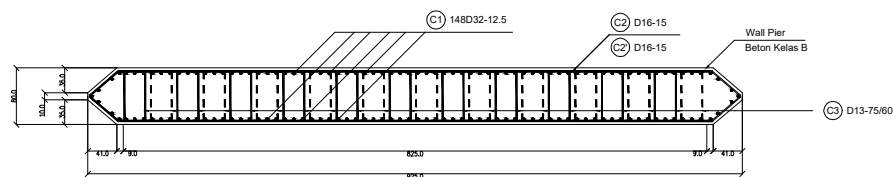
KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	07	11



POTONGAN B - B
SKALA 1:75

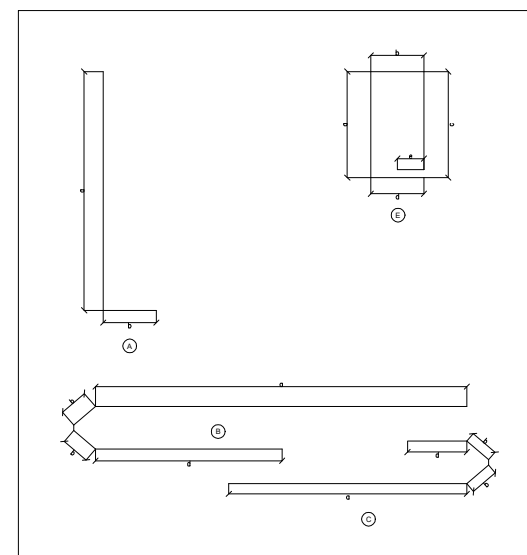


POTONGAN A - A
SKALA 1:75



POTONGAN C - C
SKALA 1:75

NAMA TUL.	DIA - JARAK (mm)	TIPE	DIMENSI (mm)					PANJANG (cm)	JUMLAH (buah)	BERAT JENIS (Kg/m ³)	TOTAL BERAT (Kg)	KETERANGAN
			a	b	c	d	e					
C1	32 - 125	A	351	30				381	148	6.310	3558.08	overlap zig-zag
C2	16 - 150	B	849	45	45	261	1200	20	1.580	379.20		
C3	16 - 150	C	652	45	45	64	806	20	1.580	254.70		
C4	13 - 750/600	D	67	29	67	29	8	200	88	1.040	183.04	
TOTAL										4,375.02		
									BERAT (Kg)	QTY	JUMLAH (Kg)	
									D13	183.04	1	183.04
									D16	633.90	1	633.90
									D32	3558.08	1	3558.08
									TOTAL	4375.02		4375.02





PROGRAM SARJANA TERAPAN
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
 STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
 PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
 PASURUAN PADA STA 24+200
 MENGGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

DETAIL PEMBESIAN FOOTING P2
 UNDERPASS BAJANGAN

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
 PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
 NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

MAHASISWA

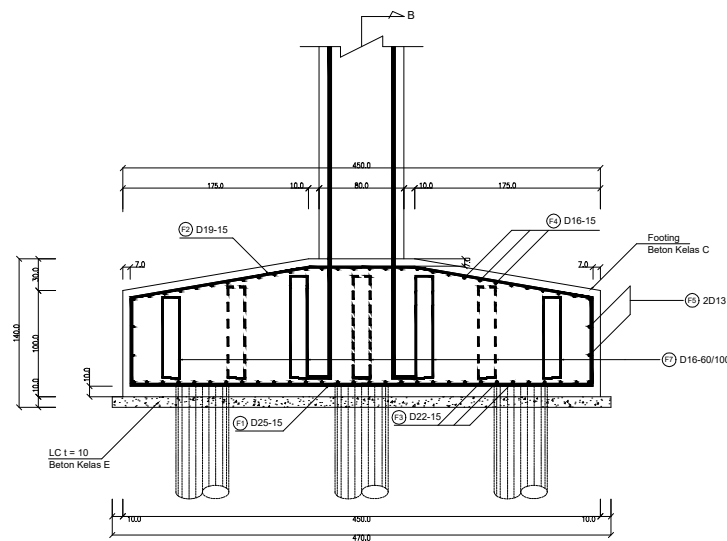
IBTIDA HARAKAH SYAURAH
 1011151000097

KETERANGAN

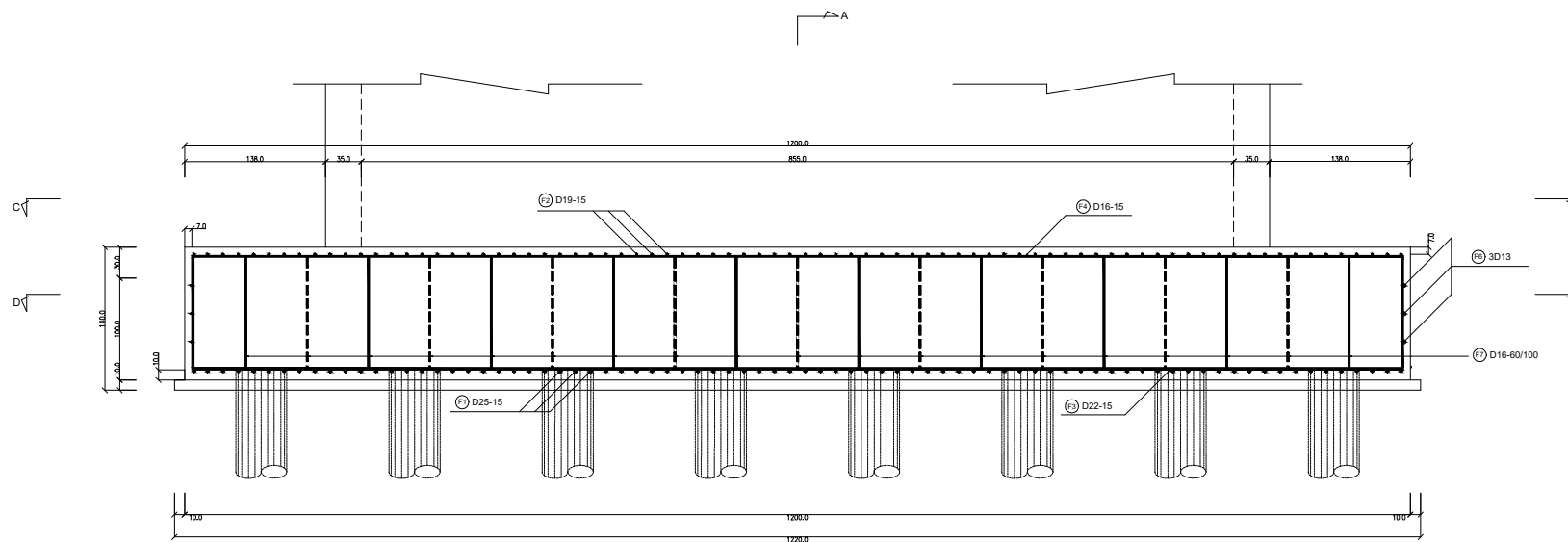
- SEMUA DIMENSI DALAM BENTUK CM KEUALI DISEBUTKAN LAIN
- MUTU BETON KOLOM PIER KELAS B-1
- MUTU BAJA TULANGA BJTD-40
- SELIMUT BETON 7 CM, KEUALI FOOTING SELIMUT BAWAH 10 CM
- CUT OFF TIANG PANCANG 10 CM DIATAS TOP LC

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	08	11

STR	08	11
-----	----	----



POTONGAN A - A
 SKALA 1:100



POTONGAN B - B
 SKALA 1:100



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

DETAIL PEMBESIAN FOOTING P2
UNDERPASS BAJANGAN

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

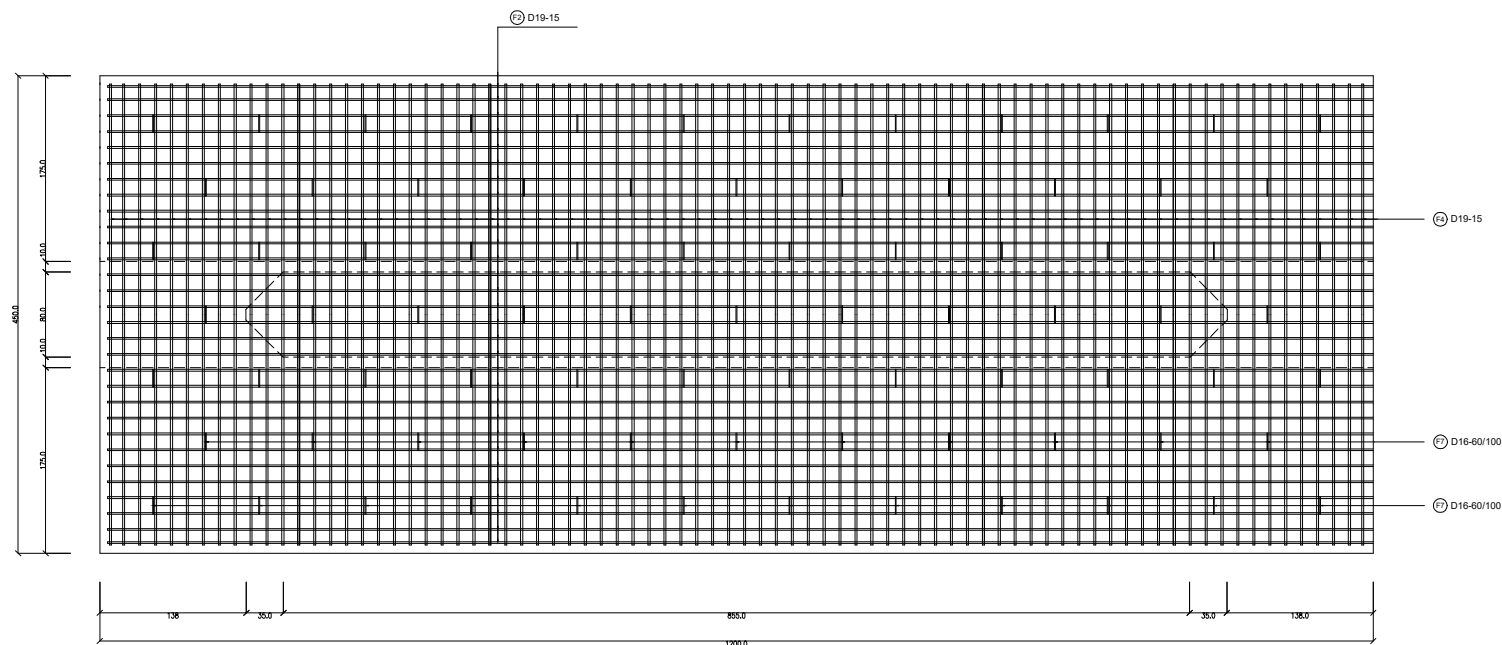
MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

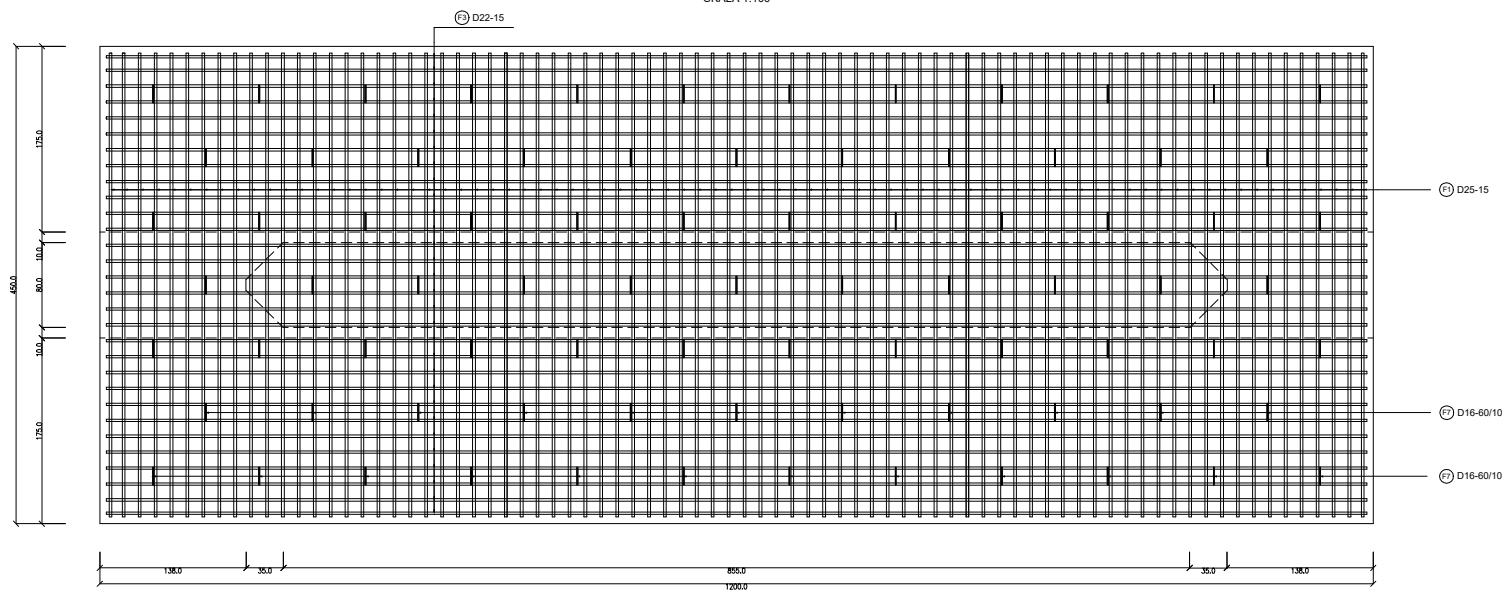
KETERANGAN

- SEMUA DIMENSI DALAM BENTUK CM KEUALI DISEBUTKAN LAIN
- MUTU BETON KOLOM PIER KELAS B-1
- MUTU BAJA TULANGA BJTD-40
- SELIMUT BETON 7 CM, KEUALI FOOTING SELIMUT BAWAH 10 CM
- CUT OFF TIANG PANCANG 10 CM DIATAS TOP LC

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	09	11



POTONGAN C - C
SKALA 1:100



POTONGAN D - D
SKALA 1:100



PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI PERENCANAAN
STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
PASURUAN PADA STA 24+200
MENGUNAKAN PROGRAM GEO5

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PIER HEAD P2
UNDERPASS BAJANGAN(1/2)

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

MAHASISWA

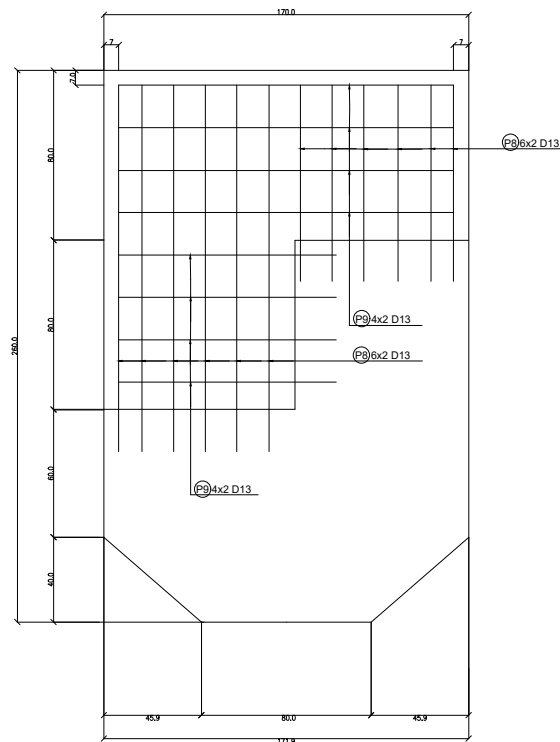
IBTIDA HARAKAH SYAURAH
10111510000097

KETERANGAN

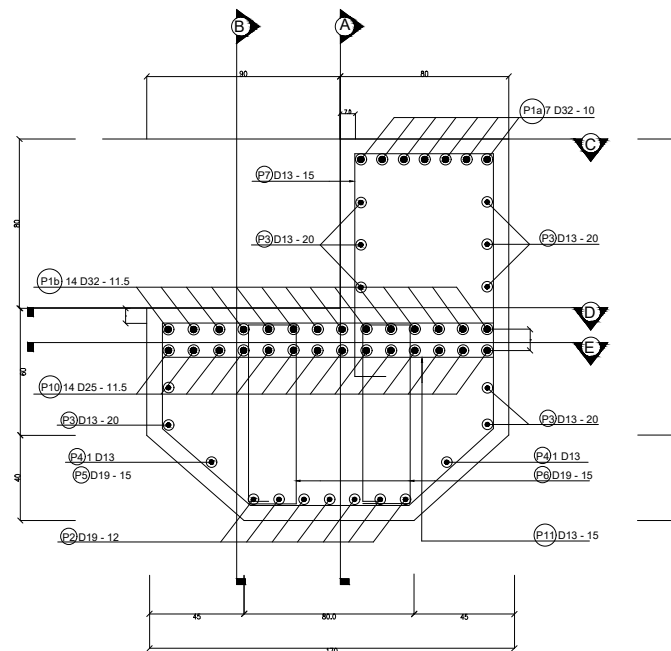
- SEMUA DIMENSI DALAM BENTUK CM KECUALI DISEBUTKAN LAIN
- MUTU BETON KOLOM PIER KELAS B-1
- MUTU BAJA TULANGA BJTD-40
- SELIMUT BETON 7 CM, KECUALI FOOTING SELIMUT BAWAH 10 CM
- CUT OFF TIANG PANCANG 10 CM DIATAS TOP LC

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
-------------	--------------	---------------

STR	10	11
-----	----	----



DETAIL PENULANGAN PIER WALL P2 KANAN
SKALA 1 : 25



DETAIL PENULANGAN PIERHEAD P2 KANAN
SKALA 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERENCANAAN
 STRUKTUR BANGUNAN BAWAH
 PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL -
 PASURUAN PADA STA 24+200
 MENGGUNAKAN PROGRAM GEO5**

NAMA GAMBAR

**PENULANGAN PIER HEAD P2
 UNDERPASS BAJANGAN(2/2)**

NO	REVISI

MENGETAHUI

DOSEN
 PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA.
 NIP. 19501011 198203 1 002

MENGETAHUI

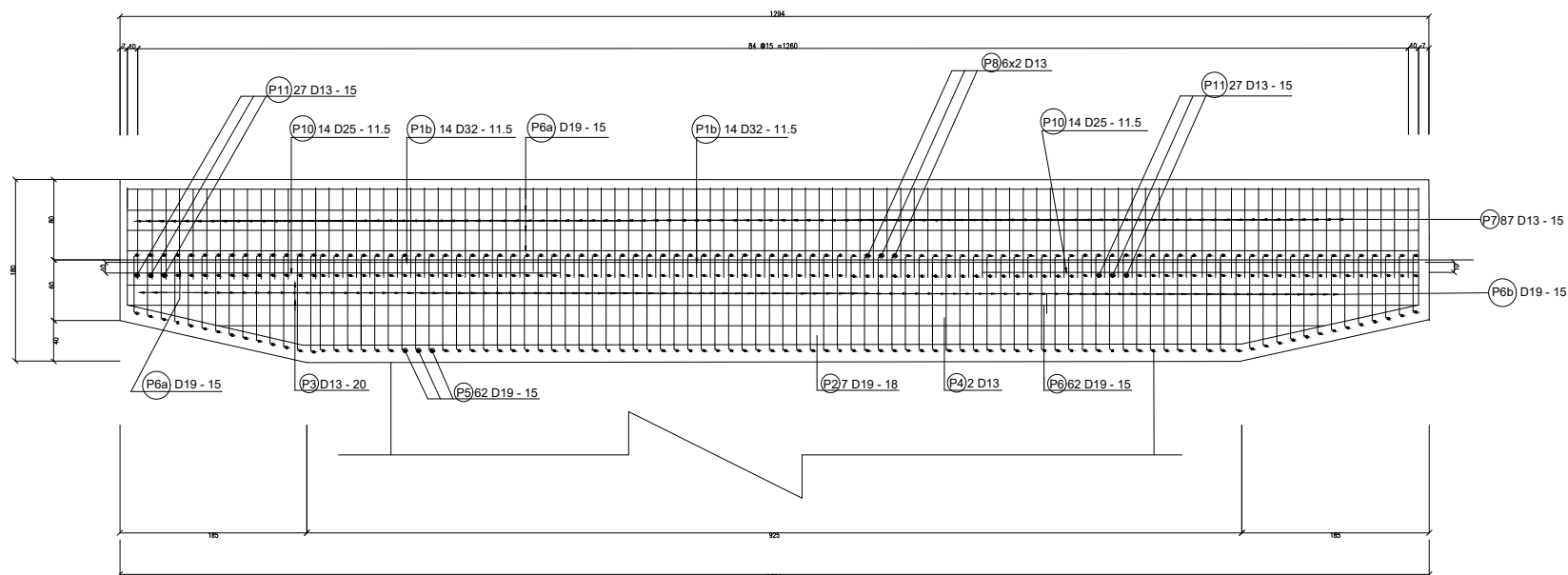
MAHASISWA

IBTIDA HARAKAH SYAURAH
 1011151000097

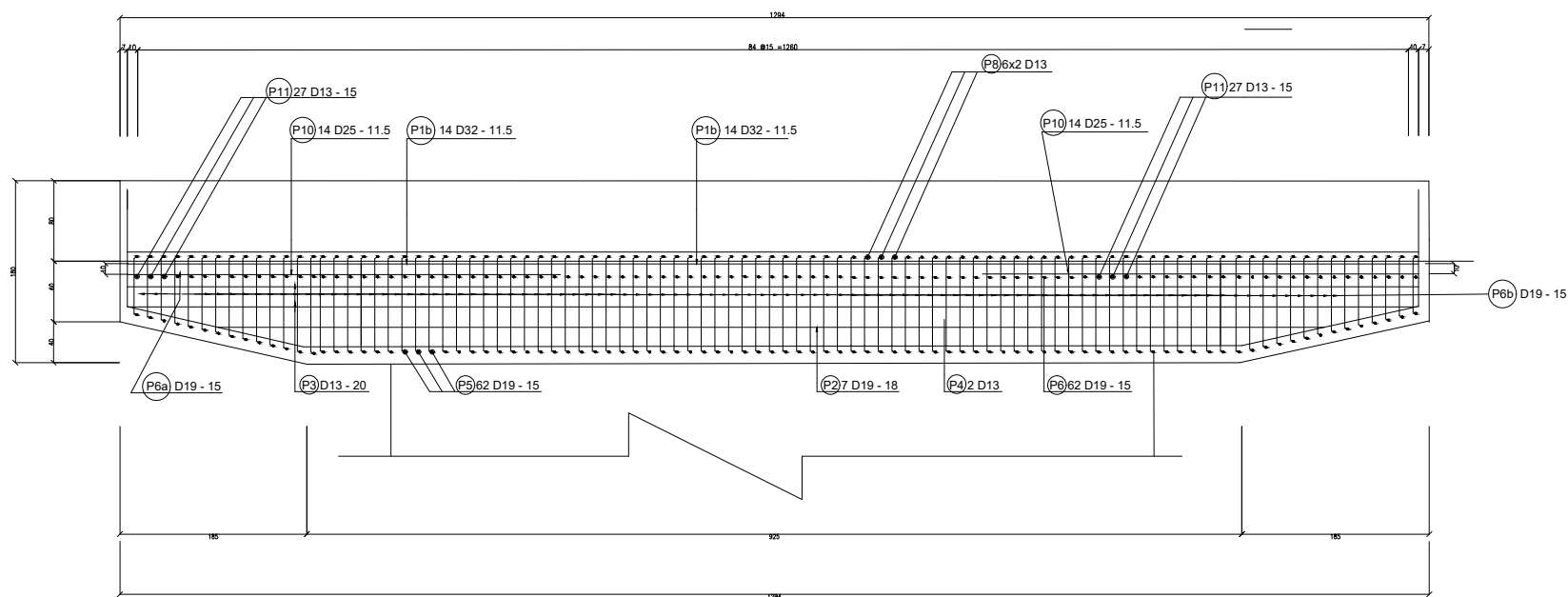
KETERANGAN

- SEMUA DIMENSI DALAM BENTUK CM KECUALI DISEBUTKAN LAIN
- MUTU BETON KOLOM PIER KELAS B-1
- MUTU BAJA TULANGA BJTD-40
- SELIMUT BETON 7 CM, KECUALI FOOTING SELIMUT BAWAH 10 CM
- CUT OFF TIANG PANCANG 10 CM DIATAS TOP LC

KODE GBR	NOMOR GBR	JUMLAH GBR
STR	11	11



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 50



POTONGAN B-B
 SKALA 1 : 50